INSTITUT DE RECHERCHE DES TRANSPORTS

# PHEDRE

## MODE D'EMPLOI

Etienne DAVAL

Division Exploitation de la Route

2ème Edition

Août 1982

PHEDRE est un programme d'affectation et de simulation de trafic routier sur un réseau urbain (Programme Heuristique d'Evaluation Dynamique d'un REseau).

Ce rapport fait suite à une courte note de présentation générale (reprise pour l'essentiel dans le chapitre 1). Il a pour but de fournir à chaque utilisateur potentiel une description du fonctionnement du programme (et de ses modèles sous-jacents) et un mode d'emploi détaillé.

# TABLE DES MATIERES 0.2


1. Description générale I.1

1.1. But du programme I.1

1.2. Structure I.2

1.2.1. Affectation I.2

1.2.2. Régulation I.4

1.2.3. Simulation I.5

2. Mode d'emploi détaillé II.1

2.1. Affectation statique II.2

2.1.1. Le retard dû à la queue II.3

2.1.2. Le temps de parcours sans queue II.7

2.1.3. L'affectation par équirépartition II.9

2.1.4. L'affectation par quantile II.10

2.1.5. Affectation ancienne II.11

2.2. Régulation II.13

2.2.1. Les carrefours à feux II.13

2.2.2. Les carrefours sans feux et les axes prioritaires II.14

2.2.3. L'écrétement II.17

2.2.4. La coordination des feux II.19

2.2.5. La courbe Queue = f (taux de saturation) II.24

2.3. Simulation II.26

2.3.1. Les modèles élémentaires II.26

2.3.1.1. Carrefour et mouvements tournants II.26

2.3.1.2. Les queues II.29

2.3.1.3. La partie libre du tronçon II.31

2.3.1.4. Les Centroïdes II.33

2.3.2. La simulation d'ensemble II.37

2.3.2.1. Fonctionnement II.37

2.3.2.2. Calcul de la performance II.38

2.3.2.3. Les différentes périodes II.38

2.3.3. Le redressement de la pointe II.41

2.3.4. Le nombre d'arrêts II.43

3. Données III.1

3.1. Le Fichier Données III.1

3.2. Le Fichier Commandes III.16

3.3. Exploitation d'un fichier Dessin III.31

4. Sorties et Editions IV.1

4.1. Généralités et édition minimale IV.2

4.2. Bilan complet IV.3

4.3. Utilisation du fichier Dessin IV.5

4.4. Ecrêtement IV.10

4.5. Les plus courts chemins IV.11

4.6. Stockage de l'affectation IV.11

4.7. L'état du Réseau IV.12

4.8. Editions supplémentaires IV.8

4.9. Les Messages d'erreur IV.15

5. Temps de calcul et paramètres V.1

ANNEXES

# 1. DESCRIPTION GENERALE

## I - But du programme

PHEDRE est un modèle dynamique de simulation d'un réseau, destiné à étudier les effets d'une affectation de trafic. Celle-ci peut être calculée par le programme lui-même, ou provenir d'autres modèles (DAVIS par exemple).

Le programme a été conçu essentiellement pour permettre d'étudier l'écoulement du trafic sur un réseau en période de saturation. Dans ce dernier cas en effet, les phénomènes de remontée de queue et d'attente aux carrefours sont particulièrement importants. Or, ils sont très mal pris en compte dans les modèles d'affectation actuels qui sont statiques. Ceux-ci ne peuvent donc fournir que des estimations de temps de parcours peu précises en période de pointe et ne permettent pas de connaître l'évolution des débits et des longueurs de queue dans les tronçons. D'où l'intérêt, d'un programme "dynamique" simulant l'évolution de la situation dans le temps.

Il existe des modèles de simulation fine, véhicule par véhicule (SITRA), mais ils ne peuvent traiter des réseaux importants. PHEDRE dispose donc d'un modèle de simulation moins détaillé, lui permettant d'étudier rapidement des réseaux de plans de circulation, allant jusqu'à

200 carrefours, et 600 tronçons (c'est-à-dire 600 sections de rue orientées).

Enfin, le programme calcule une certaine régulation des feux, permettant de mieux tenir compte de l'effet de ceux-ci sur la progression du trafic : ceci évite à l'utilisateur d'avoir à fournir les plans de feux, notamment pour le test de nouveaux réseaux.

## 1.2. Structure

PHEDRE est composé de trois modules principaux :

1. Affectation Statique
2. Régulation
3. Simulation Dynamique.

Leur articulation est schématisée sur l'organigramme donné en Annexe 1.

### 1.2.1. Le Module d'affectation statique

Avant de simuler les variations du trafic sur un réseau pendant l'heure de pointe, PHEDRE a besoin de connaître comment les usagers se répartissent sur le réseau donc de réaliser une affectation moyenne sur cette période. Celle-ci est définie par un ensemble de débits représentant en fait la demande pour chaque tronçon (chaque section orientée de rue).

Cette affectation, appelée statique, peut soit provenir d'un autre programme comme DAVIS, soit être calculée par PHEDRE suivant deux modes différents : de manière très classique, les deux méthodes internes reposent sur des algorithmes de recherche du plus court chemin pour une liaison donnée, et sont itératives : une certaine affectation étant réalisée, elle donne lieu à une évaluation des temps de parcours et des longueurs de queue ,qui permettent alors de calculer un nouveau plus court chemin et une nouvelle répartition du trafic.

Par rapport à celles de DAVIS, les affectations de PHEDRE ont été conçues pour une prise en compte améliorée de la saturation. Le modèle de simulation est très sensible à celle-ci et peut conduire à des résultats catastrophiques s'il travaille sur une affectation ayant conduit à surcharger plusieurs tronçons (taux de saturation > 1) Les queues correspondantes croissent exagérément et sont trop longues à se résorber.

PHEDRE calcule donc rapidement plusieurs plus courts chemins par liaison (en pratique 8 semblent suffisants) de manière à mieux répartir la demande sur le réseau.

Dès qu'un tronçon est saturé il est pénalisé par un temps de parcours très élevé ; il est donc peu probable qu'il soit trouvé comme appartenant à un plus court chemin

lors des itérations ultérieures. De plus (lors de la régulation) la demande est écrétée pour éliminer des saturations fictives sur l'aval alors qu'en fait le premier chaînon saturé en amont retient le trafic en excès.

### 1.2.2. Le Module de Régulation

Le temps de parcours d'un tronçon (et donc la détermination des itinéraires empruntés par les usagers), et le nombre d'arrêts des trajets sont bien évidemment fonction du réglage des feux : répartition des durées de vert entre les phases d'un même carrefour et coordination entre les feux de carrefours voisins (très important pour le nombre d'arrêt). Ces paramètres sont en fait délicats à fournir lors du test d'un nouveau réseau, pour lequel la régulation n'est pas encore définie précisément.

PHEDRE dispose d'un module assurant une certaine gestion des feux. Les seules données demandées à l'utilisateur sont le numéro de phase de chaque tronçon à son entrée dans un carrefour à feux, et les valeurs limites des paramètres de réglage (vert maximum et vert minimum).

Le programme calcule une durée de vert pour chaque phase et un décalage pour chaque feu valables pour l'affectation et toute la durée de la simulation. Il "écrète" aussi le trafic sur les suites de tronçons saturés, c'est-à dire qu'il limite la saturation au tronçons le plus amont.

La procédure d'organisation est la suivante :

a. recherche d'un sous-réseau "régulable" (le plus grand possible, sans cycle)
b. calcul de la sensibilité du retard(global de chaque carrefour) au décalage par rapport aux feux voisins.
c. hiérarchisation du sous-réseau en fonction de la sensibilité retard-décalage.
d. recherche de minima locaux : chaque carrefour a un décalage optimal par rapport à son prédécesseur dans la hiérarchie (algorithme inspiré du programme de régulation de feux THEBES).

Outre les valeurs du vert et du décalage, la régulation fournit aussi les données nécessaires au calcul des relations débits-longueurs de queue, et nombre d'arrêts-longueurs de queue, dont a besoin le module de simulation.

Pour les carrefours sans feux, PHEDRE construit des pseudo -feux, en sélectionnant des tronçons principaux d'où il déduit une pseudo-répartition par phase. Le traitement est ensuite ramené au cadre général des carrefours à feux. Il est cependant possible de coordonner des carrefours à feux séparés par des carrefours sans feux.

### 1.2.3. Module de simulation dynamique

En fonction des résultats de l'affectation de trafic, ce module simule l'écoulement de la demande sur le réseau dans le temps. Les principales sorties en sont l'his-

torique des tronçons (débits, temps de parcours, véhicules présents dans la queue et nombre d'arrêts) fourni par intervalle de temps sur la période d'étude (période de pointe par exemple). Ce module est la partie la plus originale du programme. Il repose sur les principes ci-dessous :

- L'affectation fournit pour chaque tronçon la demande moyenne d'heure de pointe et la répartition des mouvements tournants vers les différents tronçons aval. On suppose que cette répartition est inchangée durant toute la période de simulation ; elle se traduit par des pourcentages de mouvements tournants constants.

- La simulation se fait en considérant des quantités non entières de véhicules, dont l'écoulement est supposé continu. Le trafic est donc assimilé à un fluide. Cet écoulement n'est pas constant, mais est tel que l'effet moyen sur quelques cycles est analogue à l'effet réel.

- La progression du trafic est simulée dans trois modèles, correspondant aux constituants élémentaires du réseau :

. la partie libre du tronçon pour laquelle le temps de parcours est calculé au moyen d'une loi vitesse-concentration.

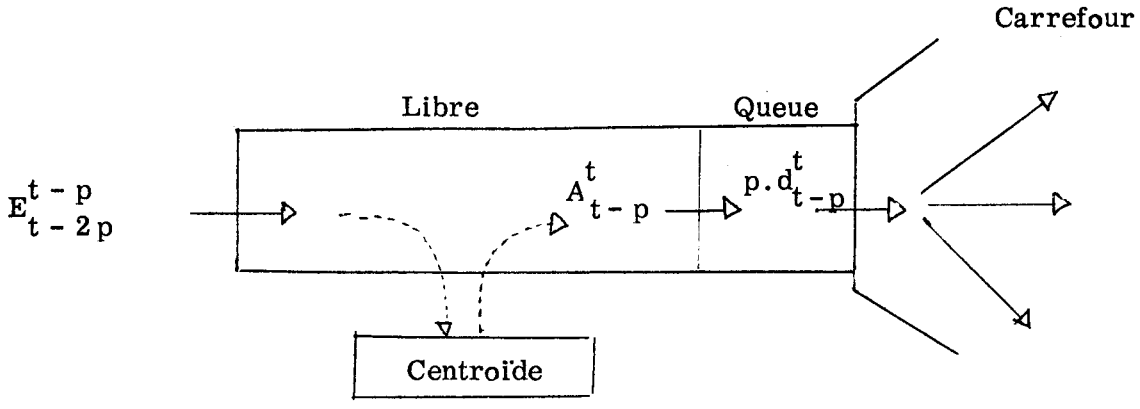
. la queue : on suppose que la file d'attente est verticale. Le débit sortant et la queue moyenne sont constamment

liés par une relation d'équilibre propre au chainon, calculée par le programme après l'affectation. Cette relation est déduite de la formule de Webster et modifiée pour tenir compte de la coordination existant avec le feu précédent.

. le carrefour : les temps de traversée et les véhicules équivalents par mouvement tournant sont fournis par l'utilisateur.

Le temps de parcours du tronçon est la somme temps sans queue + temps passé dans la queue + temps de traversée du carrefour.

- Les tronçons sont traités pas par pas, chaque tronçon a un pas de traitement propre égal à son temps de parcours sans queue (p)




Au pas t, on connaît, d'après l'étude des autres tronçons le trafic entré dans le tronçon entre t-2 p et t-p, donc se présentant dans la queue entre t-p et t soit $A^{t}_{t-p}$.

De cette arrivée et du nombre de véhicules déjà présents dans la queue, on déduit la queue au temps t et, par la relation d'équilibre du chaînon, le débit sortant $d^t_{t-p}$.

On applique à ce débit, les pourcentages de mouvement tournant (constant) fournis par l'affectation pour déterminer les débits entrant dans chacun des tronçons aval.

Les autres paramètres calculés sont le retard et le nombre d'arrêts :

. Le retard dû au feu est calculé à partir de la longueur de la queue (et de l'attente correspondante)
. Le nombre d'arrêts dépend de la queue de l'existence ou non de saturation, et du pourcentage de véhicules arrivant pendant le rouge (lui même fonction du phasage du feu aval, et de la coordination avec le feu amont).

## 2. MODE D'EMPLOI DETAILLE

Ce chapitre cherche à donner une description, précise sans être exhaustive, du fonctionnement de PHEDRE sans entrer dans le détail de la programmation FORTRAN. (Toutefois le FORTRAN apparaît en quelques endroits où cela était pratique tant dans ce chapitre que dans ceux sur les entrées et les sorties).

Tout en exposant les différentes modélisations utilisées, on signale les endroits où les options sont possibles, où des données sont nécessaires, et comment on doit les utiliser.

La structure et l'utilisation des données sont exposées dans un chapitre spécifique auquel on fera souvent référence il y a deux types de données externes :

- les cartes caractérisées par leur code (qui est le caractère hexadécimal contenu en colonne 1)
- les commandes qui ont un non assez explicite.

On les signalera comme suit :

- carte '9' (signifie carte de code 9)
- commande "INTERVAL"

pour les cartes, et éventuellement les commandes, on précisera le paramètre concerné par sa zone de perforation (4 colonnes chaque). Ex. = Z 3 indique les données contenues dans les colonnes 10 à 13, pour les commandes les zones 1 et 2 contiennent le nom de la commande (cf. le format des données chapitre 3).

## 2.1. L'Affectation statique

L'utilisateur a le choix entre trois modes d'affectation : deux itératives, par PHEDRE, et une issue de données extérieures (éventuellement une affectation antérieure par PHEDRE). L'organigramme général de ce module est donné à l'annexe 2.

Pour les méthodes itératives, après avoir affecté le trafic, on peut calculer des nouveaux temps de parcours et des queues moyennes qui permettent la recherche d'un nouveau plus court chemin. Le calcul du temps est commun aux deux solutions.

$$\begin{pmatrix}\text{temps de}\\ \text{parcours}\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\text{Temps de par-}\\ \text{cours à vide}\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}\text{Retard dû à}\\ \text{la queue}\end{pmatrix}$$

### 2.1.1. Le retard

On part du modèle de queue proposé par Webster, en fonction du taux de saturation x.

Les grandeurs qui interviennent sont les suivantes :

- déterminées pour toute la simulation :

$\lambda$ ratio de vert

$S_o$ débit de saturation (en u v p par heure de vert)

P temps de parcours du chainon (à vide), qui est aussi le pas de traitement du chaînon pendant la simulation

C durée du cycle.

- variables dans le temps

  x taux de saturation.

  d débit : $\lambda S_o x = d$

$$W(x) = \frac{\lambda S_o C (1 - \lambda)^2}{2} \frac{x}{1 - \lambda x} + \frac{1}{2} \frac{x^2}{1 - x}$$

Le premier terme, qui est la partie de queue due au niveau de débit, reste fini.

Le deuxième terme, qui rend compte du caractère aléatoire de l'arrivée des véhicules (qui n'est pas uniforme), devient infini lorsque x tend vers 1

Pour x = 1 le ler terme vaut

$$Q_o = \frac{\lambda S_o C (1 - \lambda)}{2}$$

On cherche une approximation de Webster qui permette de satisfaire deux exigences

- autoriser des taux de saturation légèrement supérieurs à 1
- pouvoir s'inverser facilement (donner x en fonction de la queue). Ce qui est fondamental pour la simulation.

On a choisi une hyperbole H(x) qui

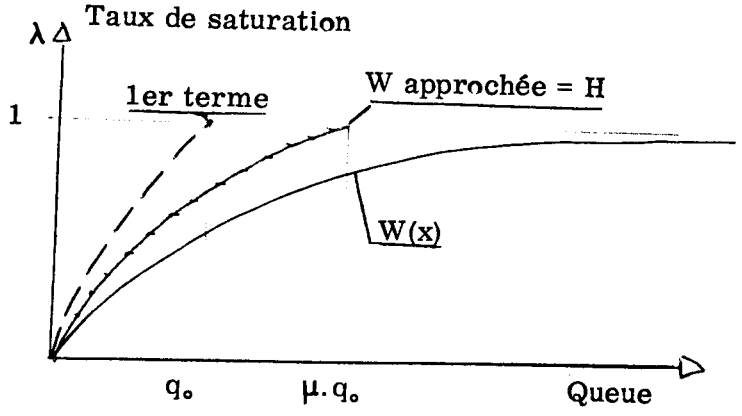
- a même tangente que Webster à l'origine (x = 0)

$$H'(0) = W'(0) = \frac{\lambda S_o C (1 - \lambda)^2}{2}$$

- pour x = 1, atteint une valeur légèrement supérieure, à la valeur du 1er terme $Q_o$

$$H(1) = \mu (Q_o) \qquad \text{avec } \mu > 1.$$

$\mu = 1{,}2$ est la valeur actuelle, elle peut être modifiée par la commande "ALEA" et son paramètre Z 3.



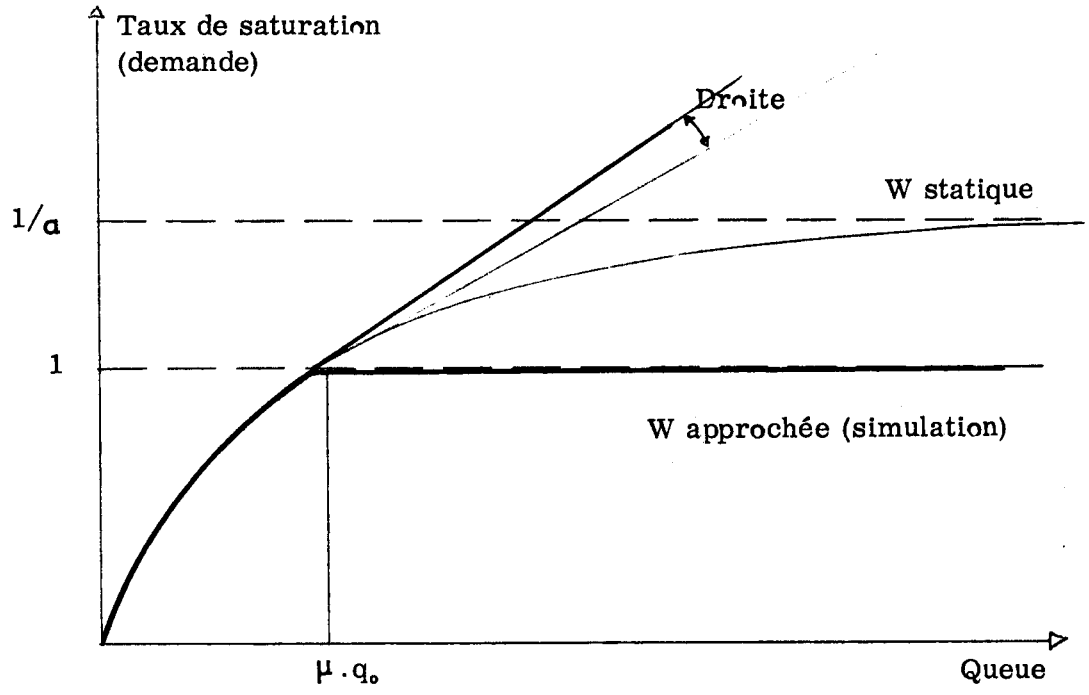

Prolongation pour x > 1:

Dans l'affectation, il peut arriver que la demande calculée dépasse le débit de saturation : il s'agit du trafic moyen de l'heure de pointe (la simulation mettra en évidence la croissance et la résorption de la queue) ; il faut dans ce cas, faire une évaluation du temps perdu rapidement croissante avec la demande.

Il est indispensable que le coefficient $\alpha$ (réduction du trafic en heure creuse) soit tel qu' aucun chaînon ne se sature en heure creuse. On pourra alors utiliser le calcul suivant : quand le taux de saturation (en demande) excède 1, la queue croît selon l'une des deux lois suivantes

- une hyperbole tangente à la première au point ($\mu$ $Q_o$, 1) et d'asymptote horizontale $1/\alpha$ (commande "HIPS")
- une droite, passant par le point ( $\mu$,$Q_o$,1) et dont la pente en ce point est celle de l'hyperbole H(x) multiplié par un coefficient défini par la commande "DROITE" et son paramètre en Z 3 (par défaut 100 %).

La queue, ainsi calculée sera très forte dès la saturation du chaînon, ce qui empêchera que ce dernier soit une nouvelle fois pris sur le prochain chemin.



C'est la droite tangente à l'hyperbole H(x) qui est choisie par défaut. Sinon on utilise les commandes

"DROITE Z 3" et "HIPS"

Comme la queue moyenne $Q(x) = \frac{\text{Retard } (x)}{\text{cycle}}$

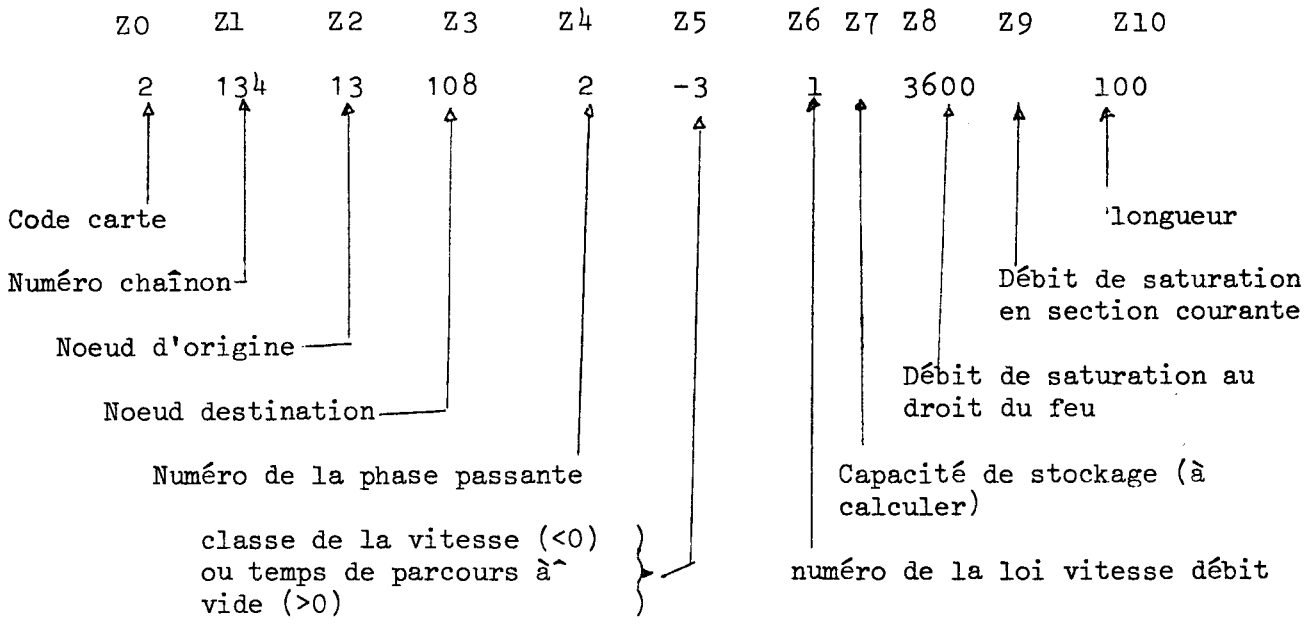
connaissant la queue on en déduit le retard.

### 2.1.2. Temps de parcours sans queue

Pour des raisons archéologiques il existe deux possibilités de donner des temps de parcours à vide des chaînons (cf. carte '2').

- la plus ancienne donne directement le temps à vide comme une donnée externe, fournie au programme
- la version nouvelle calcule le temps de parcours à partir de la longueur du chainon et du type de loi vitesse-débit (carte '8'), et des classes de vitesse (carte '9')

Exemple : soit une carte '2'


Z0 Z1 Z2 Z3 Z4 Z5 Z6 Z7 Z8 Z9 Z10
2 134 13 108 2 -3 1 3600 100
Code carte
Numéro chaînon
Noeud d'origine
Noeud destination
Numéro de la phase passante
classe de la vitesse (<0) ou temps de parcours à vide (>0)
numéro de la loi vitesse débit
Capacité de stockage (à calculer)
Débit de saturation au droit du feu
Débit de saturation en section courante
longueur

Z 5 = 3 est négatif donc représente une classe de vitesse. Ces classes sont définies par la carte '9', paramètres 3 à 12 par défaut la vitesse n° 3 est 25 km/h $=V_o$

Z 6 = 1 est le numéro de la loi débit vitesse (carte '8') par défaut la loi n° 1 est

$$V = V_o \left(1 - 0{,}25 \frac{\text{Débit}}{\text{débit saturation au carrefour}}\right)$$

donc ici

$$V = 25 \left(1 - 0{,}25 \frac{\text{Débit}}{\text{débit saturation}}\right)$$

Z 8 = 3600 uvp/h donne le débit de saturation au carrefour par heure de vert.

PHEDRE calcule d'abord un temps de parcours à vide,
TO = 3,6 * Longueur / $V_o$ (en seconde)

Z 10 = 100 m est la longueur du chaînon
donc TO = 3.6 * 100/25 = 14.4 s

Le temps de parcours sera ensuite modifié en fonction du rapport $\frac{\text{Débit}}{\text{Débit saturation}}$ pour donner le temps de parcours moyen sans queue (TO) et la somme de ce temps et du retard dû à la queue donne le temps de parcours réel du chaînon/

Le temps de parcours sans queue TO et le temps de parcours réel TM sont obtenus en sortie avec la commande BILAN.

REMARQUE

Les données des cartes '2' permettent aussi de calculer la capacité de stockage d'un tronçon dans le cas où elle n'est pas fournie directement.

$$\text{Capacite de stockage} = \frac{(\text{Longueur}) * (\text{Débit de saturation en section courante})}{(\text{Débit d'une voie}) * (\text{Longueur moyenne de chaussée occupée par un véhicule à l'arrêt})}$$

Les deux facteurs du dénominateur sont communs à tous les chaînons, par défaut ils valent 1800 uvp/h et 600 cm et peuvent être redéfinis carte '9' paramètre 1 et 2.

La longueur provient de Z 10 carte '2'.

Le débit de saturation en section courante provient de Z 9. Si Z 9 est vide, il est égal au débit de saturation au droit du feu donné par Z 8.

Donc dans l'exemple précédent :

$$\text{Capacite de stockage} = \frac{100 * 3600}{1800 * \frac{600}{100}} = 33 \text{ u.v.p.}$$

L'AFFECTATION PAR EQUIREPARTITION

C'est l'option par défaut.

Un paramètre $\lambda$ ( $\lambda > 1$) a été choisi au départ. Le premier chemin reçoit la portion $1 - 1/(2\lambda)$ du trafic, et le

nouveau $1/(2\lambda)$. Puis le processus se répète : si k-1 chemins contiennent tout le trafic, ils donnent lieu à un calcul de temps de parcours, donc à un k-ième plus court chemin. Ce dernier reçoit la portion $1/k\lambda$ , et les précédents se partagent les $1-1/\lambda K$ restants : le trafic de chacun est simplement multiplié par $1-1/\lambda K$. les temps de parcours sont calculés (selon le § 2.1) avec tout le trafic, excepté au 1er tour, où le 1er chemin est calculé en n'affectant que la portion $\xi$ ( $\xi < 1$) du trafic sur le premier.

Les valeurs de $\lambda$ et $\xi$ sont fixées en principe à $\frac{3}{2}$ et 0,8. Cependant ils seront, à toute fin utile, paramétrés. $\lambda$ peut être modifié par la commande "AFFA" et $\xi$ par la commande "PREMIER" . Les valeurs $\frac{3}{2}$ et 0,8 donnent des résultats voisins de ceux du programme DAVIS (cf. Annexe 3).

AFFECTATION PAR QUANTILE

Inspiré de DAVIS, elle procède comme suit :

des portions $q_1$, $q_2$, ... $q_n$ de la demande sont définies ($q_1 + q_2 + \ldots + q_n = 1$). Un plus court chemin est calculé avec les temps à vide. Seule la partie $q_1$ y est affectée. Ceci donne, avec un coefficient de surcharge, des temps de parcours nouveaux qui vont servir à chercher un nouveau plus court chemin par liaison. La portion $q_2$ lui est affectée, $q_1$ restant en place: Et ainsi de

suite. Cette méthode diffère essentiellement de la première en ceci : la première réaffecte à chaque tour une partie de trafic affectée précédemment alors que celle-ci ne revient pas sur les affectations partielles déjà réalisées (cf. Annexe 4).

Les valeurs implicites sont n = 6
$(q_1, q_2, \ldots q_6)$ = (30, 23, 17, 13, 10, 7) en %
et les coefficients de surcharge correspondant 176, 136, 122, 113, 106, 100 en %
Elles peuvent être modifiées par la commande "FRACTION".

Pour obtenir une affectation par quantiles il faut le préciser par la commande "QUANTILE", sinon PHEDRE, par défaut, choisit l'affectation équirépartie.

AFFECTATION DEJA FAITE

La dernière carte commande du programme doit être "DEJA".

L'utilisateur devra toujours donner les heures caractéristiques de l'émission de chaque centroïde, ainsi que les deux réductions de niveau de débit $\alpha$ et $\beta$. Mais il n'a plus besoin de donner l'O.D. Il donne en échange exactement la demande en trafic de chaque tronçon et de chaque mouvement tournant, ainsi que la répartition des émissions entre tronçons sources et la portion absorbée dans les puits. Ces quantités permettront de calculer les mises en place des différents modèles (paragraphe 23.1) exactement

dans les mêmes conditions et à partir des mêmes éléments que dans les deux cas précédents.

Cette affectation est décrite dans un fichier propre à PHEDRE. (cf. "DEJA" ). La constitution de l'interface avec des fichiers existants (mésures, résultats de DAVIS, etc.) est à la charge de l'utilisateur.

Dans le cas où l'affectation réalisée par PHEDRE n'est pas destinée à une simulation immédiate. Il faut utiliser la commande "GARDE" pour stocker cette affectation sur un fichier qui a exactement la structure exigée par la commande "DEJA" qui indique que l'affectation est déjà existante.

Un interface a été réalisée pour le cas où l'affectation provient de DAVIS. Le principal problème est l'incompatibilité entre réseaux, due à l'existence d'arcs et de noeuds fictifs dans DAVIS pour l'injection et la sortie du trafic (voir exemple en annexe 5).

## 2.2. La Régulation

L'organigramme général est donné en ANNEXE 7.

### 2.2.1. Les Carrefours à feux

Mise en place avant la simulation

$S_o$ est déterminé ; il faut alors calculer la régulation proprement dite. Pour cela, on traite simultanément l'ensemble des lignes de feux d'un même carrefour, afin de trouver un réglage de tous ses feux, valable ensuite pour toute la durée de la simulation.

Soit {T} l'ensemble des chaînons qui passent sur une même phase $\phi$ . La demande moyenne (de l'heure de pointe) d(T) et le débit de saturation vrai $S_o(T)$ de chacun sont connus. On calcule une demande en saturation pour chaque phase :

$$x(\phi) = \max_{\{T\}_\phi} \left( \frac{d(T)}{S_o(T)} \right) \qquad (2)$$

Les feux sont alors réglés pour répartir les verts en accord avec ces saturations :

$$\frac{x(1)}{v(1)} = \ldots = \frac{x(\phi)}{v(\phi)} = \frac{\sum_\phi x(\phi)}{\sum_\phi v(\phi)} \qquad (3)$$

Le dernier terme est connu : le numérateur est la somme des $x(\phi)$, tous connus, et le dénominateur est le cycle diminué de l'ensemble des rouges communs (on suppose des phases exclusives).

Mais l'utilisateur a donné des bornes (min, max) à chaque vert. Il faut donc prévoir une procédure d'ajustement : selon qu'il y a, sur une phase, d'après les équations (3), déficit ou excédent, on ramène le vert incriminé à la borne la plus proche : si, à la fin de cette opération réalisée pour toutes les phases, il y a après cumul des corrections un excédent (respec. déficit), les verts de valeur maximale (respec. minimale) sont entérinés, et le système (3) est alors appliqué aux autres, et ainsi de suite. Le processus converge et on obtient ainsi tous les verts des phases du carrefour.

Il reste, pour déterminer complètement la régulation, à fixer un décalage au carrefour.

### 2.2.2. Les Noeuds sans feux et axes prioritaires

Pour unifier le traitement des carrefours il y a deux possibilités. La première consiste à affecter des feux à chaque carrefour indépendamment de la réalité et à laisser PHEDRE optimiser ces feux.

L'autre possibilité consiste à calculer des "faux-verts" suivant le caractère "prioritaire" ou non des chaînons.

Il existe dans le programme deux types de priori--aires - les chaînons isolés qui sont prioritaires sur leur aval sans feux, parce qu'on veut les privilégier.

- des successions de chaînons qui forment un axe, le noeud amont du premier et le noeud aval du dernier étant les seuls à feux ; les châinons centraux (et le premier) sont donc prioritaires comme ceux du premier type. De plus on considère qu'il faut coordonner les deux feux des deux extrémités de l'axe prioritaire, comme si celui-ci était un seul grand chaînon pour la régulation.

Ces chaînons prioritaires sont définis dans les cartes "B". On interdit a priori à un chaînon d'être sur plus d'un axe prioritaire (ce qui simplifie beaucoup l'algorithme de régulation).

Si on n'a pas défini de chaînon prioritaire pour un carrefour, PHEDRE va choisir le chainon au plus fort taux de saturation, et va mettre sur la même pseudo-phase le chaînon issu de l'aval du plus fort mouvement tournant issu du chaînon le plus chargé.

Le paramètre 42 de la carte '9' permet de modifier cette règle de choix des prioritaires. L'inverse du chaînon prioritaire est alors l'inverse strict du mouvement tournant principal.

Il n'y a donc pas de noeud sur lequel il n'y ait

pas de régulation des trafics des chaînons les uns par rapport aux autres.

Calcul du vert :

- Si les prioritaires sont donnés par l'utilisateur. Pour chaque noeuds sans feux les prioritaires ont un vert complet, les autres chaînons ont un vert calculé comle suit :

% vert = $\mu$ {produit des (1-taux sat.) des prioritaires}

$\mu$ est défini par le paramètre 16 de la carte '9' (par défaut 100 %).

- Si le programme choisit lui-même les prioritaires il définit deux phases exclusives. La première contient tous les prioritaires, la 2e les autres et la répartition des verts se fait alors par équisaturation comme dans le cas des carrefours à feux.

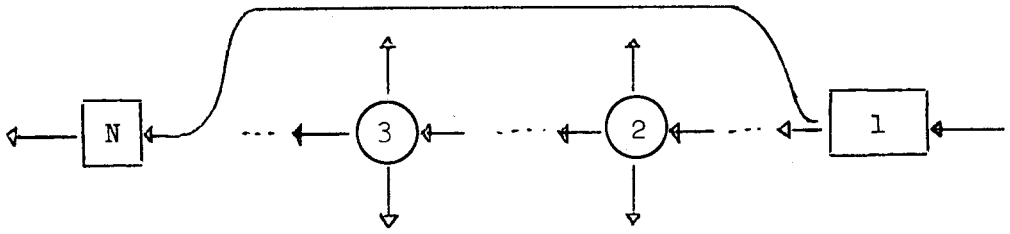
Les Axes prioritaires

Le noeud sans feux avec sortie plate (constante) est une approximation trop grossière pour permettre une bonne régulation. Si on veut coordonner les feux de deux carrefours séparés par des carrefours sans feux, il faut que les effets de la coordination ne soit pas écrasés par les carrefours intermédiaires. Il faut donc définir un axe prio-

ritaire reliant ces deux noeuds (avec un vert complet tout le long).

La simulation d'un tel axe est la suivante : tous les noeuds intermédiaires fonctionnent comme cela a été décrit au paragraphe précédent.

Le noeud aval fonctionne comme s'il était relié au noeud amont par un chaînon long comme l'axe




carrefour à feux

sans feux

Le trafic commun (allant de 1 à N) est le produit des ratios successifs des mouvements tournants concernés, l'histogramme de sortie de l'amont, est écrasé le long de l'axe pour fournir l'histogramme d'arrivée de l'aval ; ce qui arrive par les "sans feux" intermédiaires s'y ajoute comme un histogramme plat..

### 2.2.3. Ecrétement

Lors de la recherche des plus courts chemins toute la demande se présente dans chaque chaînon. En réalité il

s'agit là d'une demande "potentielle" que les saturations amont empêchent de se propager. Là où sur un axe, l'affectation sature tous les chaînons, seul le premier sera réellement saturé, et cette retenue à la source désature les chaînons en aval.

Par des méthodes du type "matrice d'influence" il serait possible de calculer pour chaque chaînon la perte due à ce phénomène. Mais pour simplifier et réduire le temps de calcul, PHEDRE se contente de répercuter vers l'aval, à partir des chaînons saturés, la perte qu'ils provoquent, en s'arrêtant dès que la perte devient négligeable (à cause de la dispersion, et des pourcentages de mouvements tournants) ou quand un autre chaînon saturé recouvre l'influence du précédent.

C'est la commande "ECRETE" qui gère ce modèle

Z 3 indique le chemin à partir duquel on va écréter les saturations (par défaut l'avant dernier)

Z 4 précise ce qu'on considère comme une perte négligeable (3 %)

Z 5 gère l'impression des résultats de l'écrètement.

Le taux de saturation utilisé pour le redressement de la pointe est celui de la demande non écrétée.

### 2.2.4. La Coordination des Feux

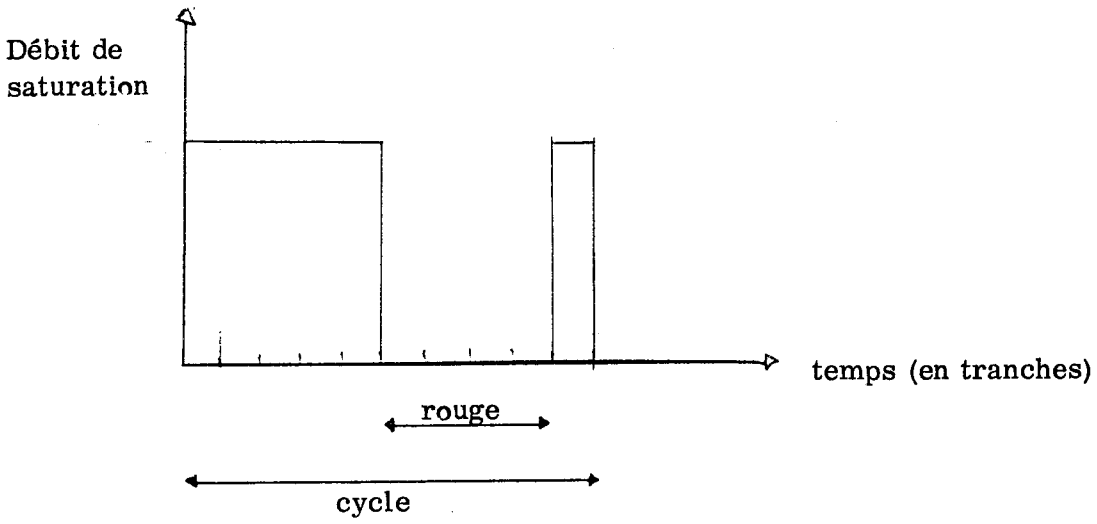
Après avoir calculé une répartition optimale des durées de vert pour chaque carrefour à feux PHEDRE va chercher à coordonner les feux, en les décalant de manière à minimiser les retards en chaque carrefour (dans la mesure où cela est possible sans algorithme trop complexe ou trop long). Ce calcul a lieu en 9 étapes.

1. On découpe chaque cycle (la durée est la même pour tous les noeuds) en 10 tranches. Pour un cycle de 90 secondes l'unité de temps sera donc une période de 9 s.

2. On tente alors une première évaluation du comportement de chaque chaînon, en construisant pour chacun, l'histogramme de sortie qu'il aurait, pour un cycle, si son histogramme d'alimentation était complètement plat (arrivée constante). L'histogramme de sortie ainsi obtenu est considéré comme caractérisant le chaînon ; il est, par construction, indépendant du décalage relatif des noeuds extrémités de ce tronçon.

Puisque les histogrammes de sorties sont invariables, ils se combinent pour donner un histogramme d'arrivée A caractéristique de chaque tronçon aval. Cet histogramme d'arrivée représente une première approximation de l'influence du réseau sur un chaînon (influence réduite à ses seuls noeuds amont).

3. Le dégagement d'un chaînon est un histogramme en forme de rectangle (c'est la sortie maximale du chaînon).




Histogramme de dégagement

En calculant pour chaque décalage entre les histogrammes d'arrivée A et de Dégagement D, une performance (temps perdu), on obtient une fonction retard =f (décalage) FRD. qu'il suffira de minimiser.

4. Ayant calculé cette F.R.D., on va définir la sensibilité du retard au décalage, par le coefficient du premier terme de la série de Fourier de cette F.R.D. qui caractérise bien l'amplitude de la fonction. Plus les creux de la F.R.D. sont marqués, plus il sera intéressant de "bien" décaler le chaînon : on va donc hiérarchiser les tronçons suivant leur premier coefficient de Fourier.

Après avoir calculé toutes les amplitudes, et avoir fait le tri, on construit l'arbre où d'amplitude totale est la plus grande, et où tous les noeuds "coordonnables" figurent.

L'optimisation de ce seul arbre (à décalages indépendants) constituera une bonne solution initiale (expérience du programme THEBES).

5. Pour chaque noeud de l'arbre, on définit un sous réseau local composé uniquement de tous les chaînons qui entrent ou qui sortent.

6. A partir de n'importe quel point de l'arbre, dont le décalage est fixé, on peut donner à tous ses voisins libres un décalage optimal qui minimise la F.R.D. du chaînon correspondant : ce qui sera la solution de départ de l'algorithme 7.

7. Algorithme de décalage.

- Pour chaque itération on fait un examen séquentiel des noeuds (valeur par défaut 30 itérations).

- Pour chaque noeud, on choisit le décalage optimal qui minimise la somme des F.R.D. de son sous-réseau (les autres décalages restent fixés aux valeurs trouvées par les optimisations précédentes), on stocke le meilleur décalage.

L'optimisation s'arrête soit par épuisement du nombre d'itérations, soit parce que rien n'a changé au cours de l'une d'elle.

8. "Simulation" finale.

Tous les décalages sont fixés : on peut donc lancer une simulation des chaînons, pour "stabiliser" le réseau et obtenir les histogrammes de sortie et de queue stables. On calcule alors pour chaque chaînon trois variables importantes pour la suite.

- le retard total obtenu à partir de la queue moyenne pendant le cycle

- le retard durant le rouge, à partir de la queue pendant le rouge.

Ces deux paramètres permettent de définir la fonction débit = f(queue)

- le pourcentage d'arrivées pendant le rouge qui intervient dans le calcul du nombre d'arrêts.

9. Inversion de la courbe débit = f(queue)

Grâce au calcul de tous les décalages on peut espérer avoir une idée plus juste des retards dans le réseau (que celle issue d'une formule de Webster).
Les paramètres issus de la simulation précédente:
Soit R(x) le retard total par cycle pour un taux de saturation x.

Soit un chaînon T de débit D.

- $\lambda$ le ratio de feu vert du feu aval de T
- $S_o$ le débit de saturation par heure de vert de T (en u.v.p./h)
- C la durée du cycle du carrefour aval (en s)
- x le taux de saturation du chaînon

alors $D = \lambda S_o x$ (4)

$\lambda S_o$ est le débit de saturation effectif par heure de feu

$\lambda S_o C \times \frac{1000}{3600}$ est la quantité de milli-véhicules maximum par cycle. On se place juste à la saturation.

A la fin du feu rouge, la queue maximale, est égale à la somme de tous les véhicules arrivés pendant le rouge (à la fin du vert la queue s'annule puisqu'on est juste à saturation).

Si à l'instant t du cycle la longueur de queue est Q(t) et si R(x) est le retard total par cycle pour un taux de saturation x

Le retard total $\int_{\text{cycle}} Q(t)\, dt = R(1)$ (taux de saturation = 1)

dans le cas où l'arrivée est constante :

$$\int Q(t)\, dt = \frac{1}{2} \cdot C \cdot (1 - \lambda) \cdot \left(C\lambda S_o \cdot \frac{1000}{3600}\right)$$

Car $(1 - \lambda) \frac{C\lambda S_o}{3.6}$ est la queue maximale en fin de rouge

D'autre part $\int_{rouge} Q(t)\, dt = R'(0)$

R'(o) est la pente à l'origine de la courbe R(x) car on s'est placé dans le cas de la saturation. Voir l'annexe 8 qui montre l'influence de la régulation sur le queue à saturation.

### 2.2.5. La Courbe Queue = f (taux de saturation)

La valeur moyenne de la queue est, de manière générale $Q(x) = \frac{R(x)}{C}$

Connaissant deux éléments de R(x) on connaît aussi la courbe Q(x).

La pente à l'origine $g = \frac{R'(0)}{C}$

La valeur pour x = 1, $Q_1 = \frac{R(1)}{C}$

L'annexe 9 présente le calcul de Q(x) à partir de la détermination de R(0) et R(1).

On veut une queue finale qui soit une hyperbole approximant le modèle de Webster (voir chapitre simulation : modèle de queue).

$$Q(x) = \frac{mx}{\alpha - x} - \Pi x$$

$Q^*(x)$=modèle hyperbole

arrivée du pas i

$\Pi = p \lambda S_o$

$\lambda$ = ratio de vert

p = longueur du pas = temps de parcours du chaînon

m et $\alpha$ sont les paramètres cherchés.

$$m = (g + \Pi)\alpha$$

On trouve

$$\alpha = \frac{Q_1 + \Pi}{Q_1 + g}$$

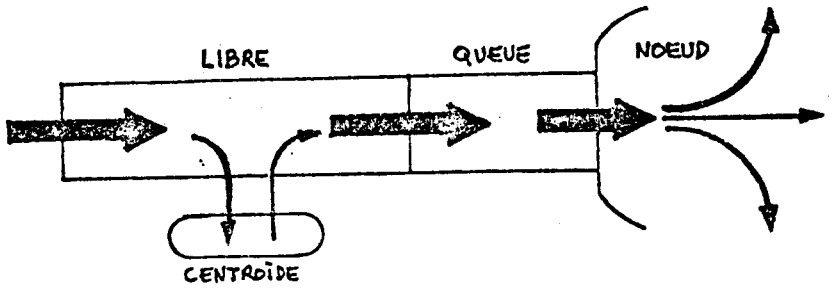
en fonction des paramètres "expérimentaux" $Q_1$ et g.

D'où l'on déduit finalement les queues et retards pour chaque chaînon en fonction de leur taux de saturation.

## 2.3. SIMULATION

### 2.3.1. Les Modèles élémentaires

Quatre modèles élémentaires composent le modèle de réseau : un pour les centroïdes et trois pour chaque chaînon (partie libre, queue et carrefour aval).




L'annexe 10 donne l'organigramme général de la simulation et l'annexe 11 le fonctionnement d'un chaînon.

#### 2.3.1.1. Carrefour et mouvements tournants

Mise en place avant la simulation

L'affectation faite par PHEDRE,ou bien fournie toute faite par l'utilisateur, conduit à fournir au modèle pour une ligne de feux T donnée :

- $d(t)$ demande moyenne d'heure de pointe
- $\{\Phi_a\}$ répartition des mouvements tournants vers les différents avals a ; celle-ci est, par hypothèse constante.

L'utilisateur a en outre, donnés dans la description du réseau pour chaque T :

- S débit de saturation "brut" (en véhicules directs par heure de vert)
- $\{U_a\}$ valeurs des véhicules équivalents de chaque mouvement tournant
- $\{m_a\}$ temps de traversée du carrefour

Les valeurs utilisées actuellement sont les suivantes. S = 1800 véh. par voie de circulation.

| | véh. équivalent 1/10 véh | Temps de traversée en seconde |
|---|---|---|
| Mouvement direct | 10 | 0 |
| Tourne à Droite | 11 | 3 |
| Tourne à Gauche gêné | 17 | 18 |
| Tourne à Gauche non gêné | 11 | 4 |

Comme la répartition des mouvements tournant est constante, le débit de saturation maximal vrai est :

$$S_o = \frac{S}{\Sigma\, U_a . \Phi_a}$$

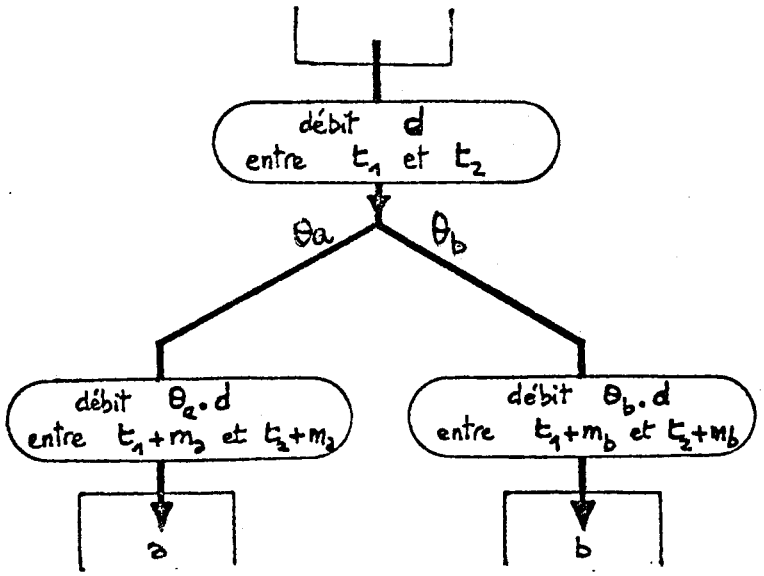
$S_o$ est donc calculable dès que l'affectation est faite et demeurera immuable durant toute la simulation.

Fonctionnement

L'ensemble des mouvements traversant le carrefour n'est pas géré directement par le modèle. Ils n'intervien-

nent que comme un retard apporté à la transmission du débit sortant vers les parties libres des chaînons aval, ce que reçoit chacun étant parfaitement déterminé par les $\{\Phi_a\}$ issus de l'affectation.

Le fonctionnement est le même, que le trafic soit issu d'un chaînon avec ou sans feux. En particulier les mouvements à l'intérieur du carrefour n'ont, dans l'état actuel du modèle, aucune influence sur les débits de saturation des chaînons adverses (il n'y a pas de priorité).



2.3.1.2. Le modèle de Queue

Fonctionnement

Soit la période de temps {t-p, t} ; au début la Queue Q est connue : Q(t-p). Au cours de ce laps de temps, il s'est joint à la queue une certaine quantité de trafic (voir plus loin) : $A_{t-p}^{t}$ . Si rien ne sortait, la queue serait alors :

$$Q^{*}(t) = Q\ (t-p) + A_{t-p}^{t} \qquad (7)$$

En fait, durant cette méme période, il y a eu évacuation de trafic ; soit $d_{t-p}^{t}$ le débit durant cette période ; la queue est devenue :

$$Q(t) = Q(t-p) + A_{t-p}^{t} - p.d_{t-p}^{t} \qquad (8)$$

Le principe de l'évolution de la queue est le suivant : à l'instant t, la queue (Q(t) doit être liée au débit de la période qui vient de s'achever) par la relation d'équilibre qui caractérise le chaînon, tout comme Q(t-p) était en équilibre avec le débit de la période précédente.

Si Q(t-p) et $A_{t-p}^{t}$ sont connues grâce au passé du chaînon, la relation (8) devient alors une équation où l'inconnue est le débit d (ou le taux de saturation x) :

$$Q(x) = Q^{*} - p\ \ \lambda S_{o} x \qquad (9)$$

Avant la simulation, et connaissant toutes les caractéristiques du chaînon (après affectation et régulation il est possible de déterminer, une fois pour toute, la

fonction $\Phi$ qui, grâce à $Q^*$, donnera x **le taux de saturation :**

$$x = \phi(Q^* , \{p, \lambda, S_o, C, \}) \qquad (10)$$

**où $\Phi$ est l'inverse de la loi Queue = f(taux de saturation)**

Dans cette équation :

- $Q^*$ est fournie par (7), A étant fournie par la partie libre
- p, $\lambda$, $S_o$, C sont donnés.
- x est le résultat qui, grâce à (4) et (8), donnera queue et débit.

L'organisation générale de la simulation permet de fixer p à la valeur du temps de parcours sans queue (cf. infra). En fait le modèle de queue est de type vertical, c'est-à-dire que tous les véhicules en attente, s'empilent sur la ligne de feux ; la partie libre du tronçon a donc une longueur et un temps de parcours constants.

La forme hyperbolique de la queue Q(x) est déterminée par les paramètres suivants :

Q(0) = 0 la queue est nulle si le trafic est nul

Q(1) est la queue correspondant à un taux de saturation égale à 1

Q'(0) est la pente à l'origine.

Q(1) et Q'(0) calculés par le programme à partir des paramètres fournis par la régulation.(Cf. annexe 12).

2.3.1.3. Partie libre

Mise en place avant simulation

Le débit moyen qui demande à passer durant la pointe, détermine sur le chaînon une vitesse moyenne dans la partie "libre" (en amont de la queue) grâce à une loi vitesse - concentration propre au chaînon. Cette loi peut aussi exprimer le temps de parcours de tout le chaînon, si l'aval est dégagé, en fonction du débit (cf. annexe 13)

$V_o$ est la vitesse maximale à vide (10 vitesses possibles definies dans la carte '9' dont une est choisie pour chaque chaînon dans la carte '2' en zone 5).

La loi vitesse débit est du type

$$V_i = V_o \left(1 - \alpha(i) \frac{\text{Débit}}{\text{Débit saturation}}\right)$$

Les lois vitesses débits sont définies par les cartes '8' par défaut $\alpha(i) = \alpha(1) = 25\ \%$.

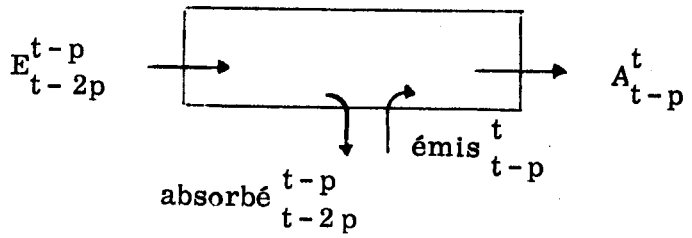
Ce temps de parcours de référence, p, est calculé une fois pour toutes aucune dispersion n'a lieu. Le modèle de queue est "vertical" : le retard est toujours calculé par rapport au temps de parcours total du chaînon. Un véhicule qui entre dans le chaînon à l'instant t-p ne s'intègre au modèle de queue qu'à l'instant t, quelle que soit la longueur de celle-ci.

Fonctionnement

Le modèle de queue demande, à l'instant t, de savoir ce qui arriverait, sans queue, entre les instants t-p et t : $A^{t}_{t-p}$. Comme il n'y a pas de dispersion* cette quantité arrivée est exactement celle qui est entrée sur le chaînon entre les instants t-2p et t-p :

$$A^{t}_{t-p} = E^{t-p}_{t-2p}$$

Les centroïdes, comme il a été dit, émettent et reçoivent de façon constante dans la partie libre




E est déterminé par les amonts, et les mouvements avec centroïdes déterminés par le fonctionnement de ceux-ci.

Le cas particulier des chaînons issus de l'extérieur (entrant) ou allant vers lui (sortant) est que p est nul. Un p forfaitaire de 60 secondes leur est attribué

---

* En fait il y a une prise en compte de la dispersion dans la partie régulation. Le paramètre n° 13 de la carte de Code '9' donne le pourcentage d'arrivée dans le pas ultérieur.

(qui n'intervient que dans l'organisation générale de la simulation) ; d'autre part leur partie libre ne contient aucun véhicule en mouvement (les absorbés quittent le chaînon aussitôt entrés, et les émis n'apparaissent qu'au moment d'arriver sur la queue, à l'exclusion de tout autre trafic), ce qui simplifie la simulation.

La saturance (disparition de la partie libre par remontée de la queue) n'est pas traitée. Les véhicules entrent malgré tout dans un chaînon aval plein. De toute façon le débit de sortie restera le débit de saturation, et la performance fera un saut brutal vers des valeurs élevées. Mais aucun modèle de remontée des queues vers les chaînons amont n'est satisfaisant ; aussi l'option ici semble-t-elle suffisante à juger qualitativement l'affectation : performance élevée et identification des coupables, grâce aux messages annonçant le dépassement d'un certain seuil de remplissage (**Commande MAX.CAPA et MAX.TXAR**).

### 2.3.1.4. Centroïdes

#### Mise en place avant la simulation

Toutes les émissions ont la même forme : 3 périodes de débit constant, le rapport des débits étant le même pour tous les centroïdes

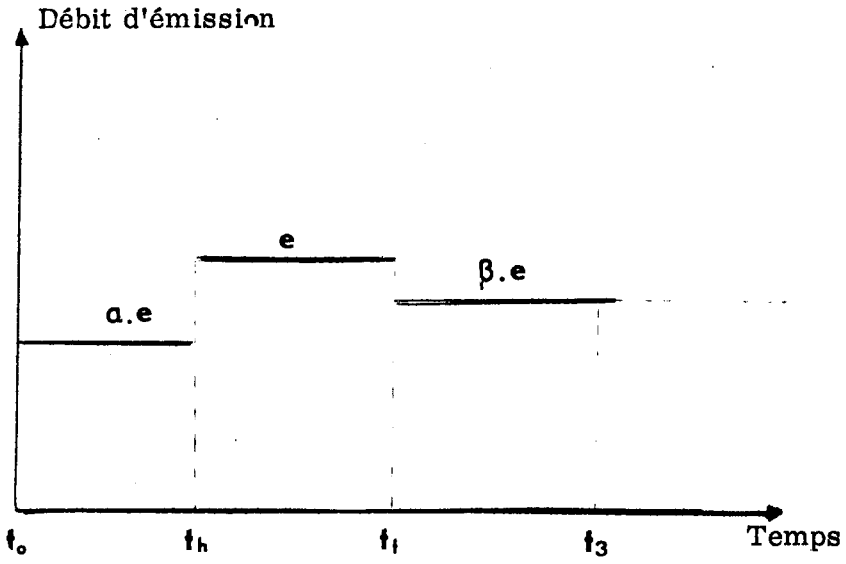
de $t_o$ à $t_h$ : débit $\alpha.e$

de $t_h$ à $t_f$ : débit $e$

de $t_f$ à $t_3$ : débit $\beta.e$

par défaut $\alpha$ et $\beta$ sont fixés à 80 %, ils peuvent être modifiés dans la carte '0' en zones 8 et 13.
$t_h$ et $t_f$ sont définis en carte '4', Z2, Z3 et Z4, Z5.

Seuls $t_h$, $t_f$, e sont propres au centroïde. Encore faut-il que les débuts ou les fins respectifs soient voisins. $\alpha$, $\beta$, $t_o$ et $t_3$ sont généraux.




L'utilisateur, outre les 3 données de trafic, fournit une liste des caractéristiques physiques du centroïde $c_a$:

$\{S_{ca}\}$ ensemble des chaînons "sources", c'est-à-dire où pourrait apparaître le trafic émis.

$\{m_{ca}\}$ délais d'émission associés.

$\{P_{ca}\}$ ensemble des chaînons "puits", c'est-à-dire où pourrait disparaître le trafic reçu.

$\{m'_{ca}\}$ délais d'absorption associés.

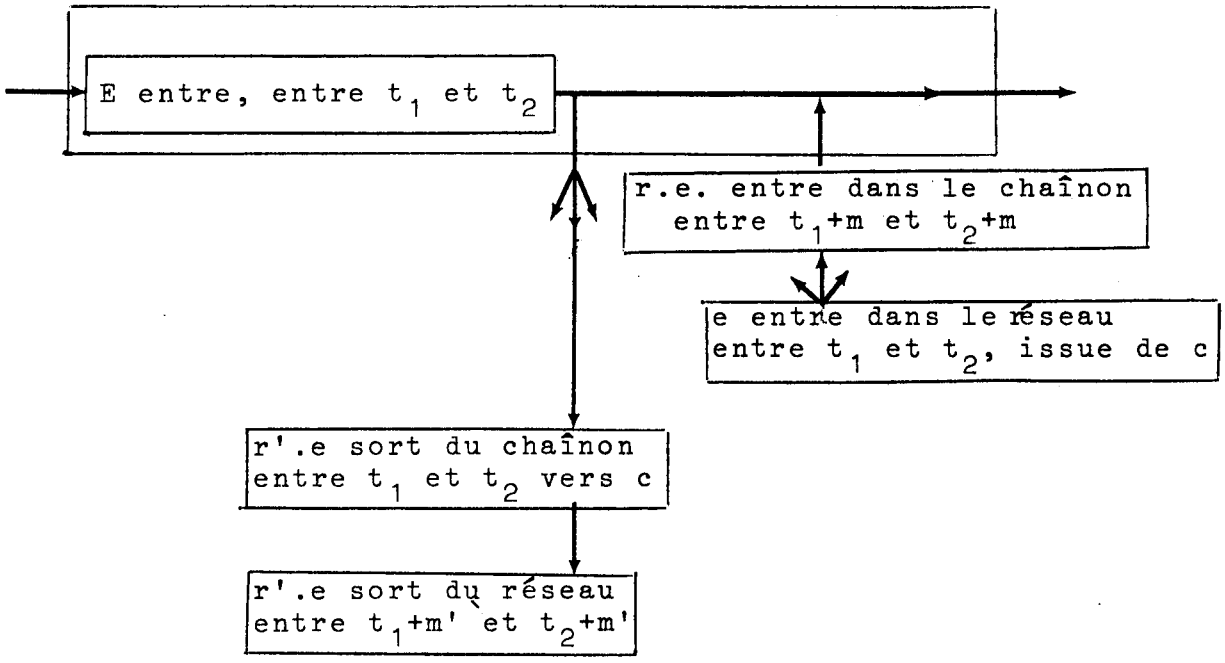
Toutes ces données doivent être fournies dans les cartes de code '5' pour les chaînons puits, et de code '6' pour les chaînons sources.

L'affectation, que ce soit PHEDRE ou un autre qui l'ait faite, aboutit à associer à chacun de ces éléments :

$\{r_{ca}\}$ ratio de ce qui, émis par le centroïde, transite par le chaînon source $S_{ca}$

$\{r'_{ca}\}$ ratio de ce qui, entrant dans le chaînon puits $P_{ca}$, est absorbé par le centroïde.

La figure ci-dessous résume l'ensemble des opérations effectuées pour prendre en compte les centroïdes.


E entre, entre $t_1$ et $t_2$
r.e. entre dans le chaînon entre $t_1$+m et $t_2$+m
e entre dans le réseau entre $t_1$ et $t_2$, issue de c
r'.e sort du chaînon entre $t_1$ et $t_2$ vers c
r'.e sort du réseau entre $t_1$+m' et $t_2$+m'

Il faut observer que, dans le chaînon

- le trafic absorbé disparaît dès qu'il entre dans le chaînon, et continue de "vivre" durant le temps égal au délai d'absorption ;

- le trafic émis apparaît pour aussitôt s'intégrer à la queue, avec un décalage dans le temps égal au délai d'émission.

Les deux délais provoquent un décalage des émissions dans le temps, et influent sur le calcul de la performance (le temps de "vie hors réseau" est pris en compte) et éventuellement sur le choix d'un plus court chemin. Mais ils n'influent pas sur le mode de fonctionnement du chaînon. Ces délais sont fixés par l'utilisateur et ne changent pas en fonction de la charge du réseau. Si celle-ci devait jouer, il faudrait alors créer un noeud fictif, puis un chaînon fictif, ce que PHEDRE, précisément parvient à éviter dans le cas le plus général.

Grâce au petit nombre de changements de débit, le calcul de ce qui apparaît est simple : la quantité globale de ce qui apparaît dans la partie libre durant le temps p dans un tronçon T, venant de plusieurs centroïdes, est prédéterminée et ne change que lorsqu'intervient l'heure $t_h$ ou $t_f$ de l'un des centroïdes alimentant. Quant à ce qui disparaît, il est traité plus simplement encore : le ratio de tout ce qui disparaît dans un chaînon est fixé une fois pour toutes tous centroïdes confondus. De plus

les délais moyens pondérés d'absorption et d'émissions sont fixés au départ par l'affectation.

### 2.3.2. Simulation de l'ensemble

#### 2.3.2.1. Fonctionnement

Si p(T) est le temps de parcours minimal d'un chaînon T (calculé au départ, compte tenu du débit), on évacuera le trafic, selon les 3 modèles (partie libre, queue et lignes de feux), à chaque instant kp (k entier), pour faire passer le chaînon de l'état d'quilibre de l'instant (k-1) p à celui de l'instant k.p.

La période { (k-1).p, k.p } est appelée "dernier pas" du chaînon : (k-1).p est le début du dernier pas, et k.p sa fin.

Il faut connaître le passé de ce chaînon : ce qu'il a reçu de ses amonts avant (k-1).p, et plus particulièrement de (k-2).p à (k-1).p.

Gestion de l'ordre de traitement des chaînons

Une règle se dégage pour définir l'ordre dans lequel doivent être évacué les chaînons :

Un chaînon T ne peut être traité (c'est-à-dire on ne peut calculer le nombre de véhicules qui en sortent) que si tous ses chaînons amonts ont déjà été évacués. Pour chaque chaînon T on garde en mémoire la date de sa dernière évacuation, c'est-à-dire la fin de son dernier pas

de traitement. En entretenant constamment un classement chronologique des fins de dernier pas de l'ensemble des chaînons, il faut systématiquement évacuer le chaînon qui est en fin de liste, et calculer son nouveau classement en faisant avancer sa date de dernière évacuation d'une durée égale à son pas de traitement (ce qui va modifier le classement).

Cette règle simple pour les échanges entre chaînons suffit pour les échanges avec les centroïdes : les absorptions dépendent des mouvements aval, et des émissions sont indépendantes du passé.

2.3.2.2. Calcul de la performance

Pour chaque pas, et chaque chaînon, la quantité L de véhicules contenus dans la partie libre et la quantité Q contenue dans la queue dépensent un temps :

$$P = (Q + L).p$$

Durant le même temps, les quantités émises et absorbées dépensent leurs délais d'émission et d'absorption respectifs. Ce temps est ajouté à P.

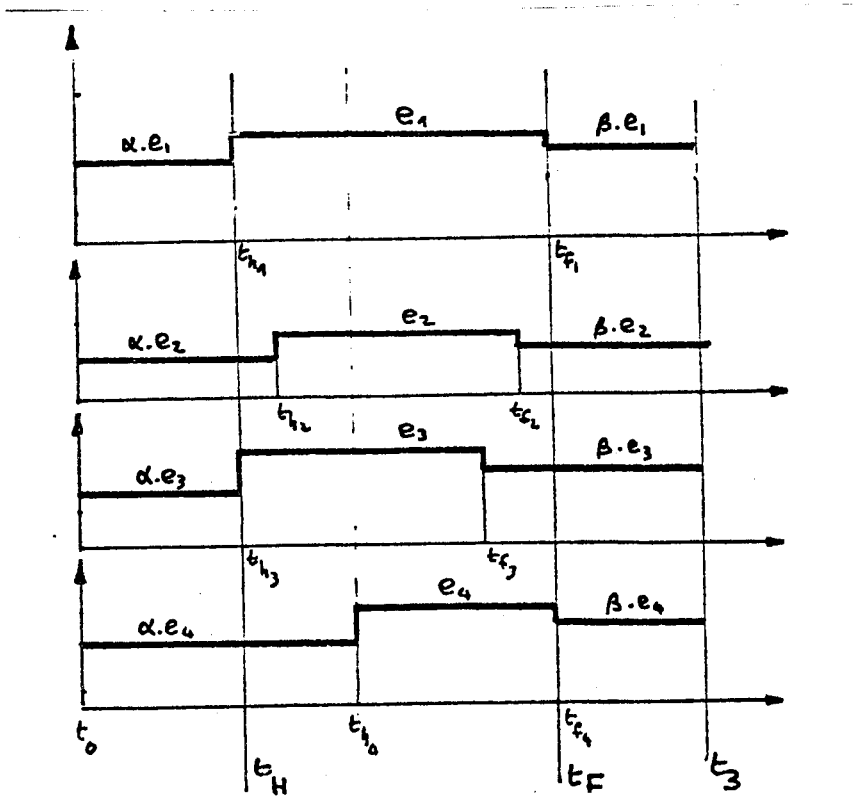
2.3.2.3. Périodes simulées

L'utilisateur doit fournir :

- $t_H$ heure de début de pointe de trafic
- $t_F$ heure de fin de pointe de trafic

- $t_3$ heure de fin d'heure creuse finale.

La période ($t_F$, $t_H$) doit encadrer toutes les périodes de plein débit de centroïdes.




En outre, les deux niveaux de débit d'heure creuse sont donnés, communs à tous les centroïdes :

α pour le début

β pour la fin

Tous ces paramètres doivent figurer sur la carte '0'.

Heure creuse initiale

L'affectation et la régulation qui en découlent sont calculés sur les débits centraux (heure de pointe). La régulation est alors immuable. Tous les trafics affectés sont alors multipliés par $\alpha$ (qui vaudra 0,8 le plus souvent). Les équations d'équilibre de chaque chaînon, pour ce débit moyen réduit et la régulation calculée, fournissent alors, sans simulation, l'état du réseau en cas de régime permanent ayant ces caractéristiques de débit, émission et réglage de feux. Cet état est supposé être celui du réseau au moment où commence l'heure de pointe, en $t_H$ (d'où l'exigence que l'on ait $t_H < t_h$ ). L'heure $t_o$ de début général de l'expérience est donc indéfinie : la pointe $t_H$ en est le véritable début, précédé d'un régime permanent infini. Voir commande."RECULE".

Cette façon de faire impose la règle suivante :

la demande d(T) affectée d'heure de pointe, pour un tronçon T, a le droit de saturer la phase ($d(T) > \lambda S_o$) ; en revanche le débit réduit $\alpha d(T)$, lui, s'il sature la phase, est considéré comme une erreur (sur l'affectation, sur l'O.D., sur les caractéristiques du carrefour etc.) et la simulation n'aura pas lieu. (erreur n° 211) la limite de ce taux de saturation en période initiale peut être modifié par la commande "BAS".

POINTE

Lorsque l'état du réseau est défini en $t_H$, la simulation, selon le mode indiqué plus haut, commence. La fin

d'heure de pointe n'y intervient pas en tant que telle ; la simulation se poursuit selon les mêmes modalités jusqu'à l'heure $t_3$. Les seuls événements extérieurs au réseau qui interviennent sont :

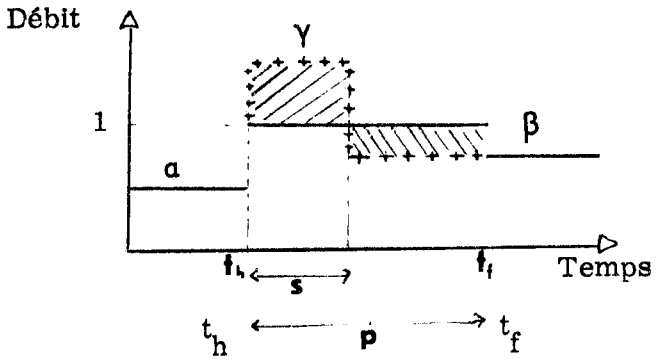
- les changements de niveau de débit d'émission aux heures $t_h$ et $t_f$ de chaque centroïde,

- un calcul périodique de performance, au moins en $t_F$ (période de $t_H$ à $t_F$) et en $t_3$ (période de $t_F$ à $t_3$), ou toutes les x minutes si l'utilisateur le veut.

Voir commande "INTERVAL".

### 2.3.3. Redressement de la pointe

Les débits mesurés sur le terrain pendant l'heure de pointe ne donnent pas une image suffisamment précise de l'ampleur de la variation de trafic émis par un centroïde. En effet on ne peut pas observer la pointe réelle (d'intensité j > 1 pendant la durée s) mais on mesure le débit maximum que peut écouler le tronçon (d'intensité égale au débit de saturation = 1 pendant une durée p).




— trafic observé et pointe utilise de durée p

+++ émission réelle du centroïde pointe de durée s

On veut que la quantité de véhicules soit invariante donc que les deux surfaces hachurées soient égales.

Au cours de la recherche des plus courts chemins à partir du 6e chemin (modifiable par "REDRESSE" Z 3) on redresse la pointe. On commence par classer les chaînons par taux de saturation décroissant, et on se sert des plus saturés pour déterminer $\gamma$ qui caractérise la nouvelle hauteur de la pointe. En fait on utilise le 3e chaînon par ordre décroissant pour éviter les aberrations (modifiable par "REDRESSE", Z5) $\gamma$ dans ce cas est égal au taux de saturation du 3e chemin le plus saturé. C'est donc le débit qui est utilisé pour la recherche de chemins supplémentaires. Pendant la simulation, on se servira encore de cette pointe de hauteur $\gamma$ et de durée s.

Si p est la durée initiale de la pointe non redressée

$$s = p \ \frac{1 - \beta}{\gamma - \beta}$$

Si le 3e (ou Z 5e) chaînon n'est plus saturé c'est le taux du dernier des saturés qui est choisi pour $\gamma$. Si le taux du chaînon choisi est presqu'égal au taux de redressement la procédure est achevée, sinon on réitère le redressement pendant un nombre de chemin égal à 3 par défaut (modifiable par "REDRESSE", Z 4). Le nombre d'itérations du redressement est indépendant du nombre de plus

courts chemins demandés par "CHEMINS" Z 3.

A la fin de l'affectation le programme entérine le taux de redressement finalement choisi et rectifie toutes les heures de fin de pointe en conséquence.

Il est possible de forcer le taux de redressement par le paramètre Z3 de la commande REDRESSE. Il doit être supérieur à 100, et indique directement le pourcentage de redressement. Z4 et Z5 sont alors ignorés.

Remarque : Le redressement est complètement indépendant de l'écrétement du trafic.

### 2.3.4. Le nombre d'arrêts

En vue, notamment, du calcul de la consommation énergétique d'un plan de circulation, on a besoin de connaître le nombre d'arrêts qui sont "produits" par l'affectation correspondante.

On effectue une évaluation de ce paramètre à deux moments : un calcul global moyen lors de l'affectation statique, et un calcul pas à pas (suivant la périodicité de chaque chaînon) pendant la simulation (avant, pointe et après).

Le nombre d'arrêts est fonction de la queue. On distingue deux cas suivant que l'on est en dessous ou au-dessus de la saturation, et il existe deux possibilités de saturation :

- avec une arrivée uniforme :

$$\text{Queue (de saturation) uniforme} = Q_{1u} = \frac{1}{2} \lambda S_o C (1-\lambda)$$

- avec coordination des feux (la coordination qui a été calculée précédemment)

$$\text{Queue (de saturation) régulée} = Q_{1r} = \frac{1}{\text{Nb de tranche}} \quad \Sigma \text{ (queue) tranches}$$

(cf l'influence de la régulation sur la queue en annexe 8).

D'une manière générale le modèle du nombre d'arrêts est linéaire par rapport à la longueur de queue avec un changement de pente au point de saturation.

Soit A le nombre moyen d'arrêts pour un véhicule

a) Si Q (la queue) < $Q_{1r}$

$$A_1 = ( 1 - \lambda_o) + \lambda . \frac{Q}{Q_{1r}}$$

$\lambda_o$ est le ratio d'arrivée des véhicules pendant le vert. $1 - \lambda_o$ est donc la valeur minimale du nombre d'arrêts par véhicule (pendant le rouge).

Si la queue est justement la queue de saturation chaque véhicule s'arrête en moyenne 1 fois

b) Si $Q > Q_{1u}$ l'influence de la régulation devient négligeable

$$A_2 = \frac{Q}{\lambda S_o (1 - \lambda) C} + \frac{1}{2} = \frac{Q}{2 Q_{1u}} + \frac{1}{2}$$

Il y a deux cas de raccordement suivant les valeurs respectives de $Q_{1r}$ et $Q_{1u}$.

finalement si $q = \frac{Q - Q_{1r}}{Q_{1r}}$

$$A = \begin{cases} 1 - \lambda_o q & \text{si } q < 0 \\ \sup\left(1, \frac{1}{2} + \frac{Q}{2\,Q_{1u}}\right) & \text{si } q > 0 \end{cases}$$

l'annexe 14 donne les courbes $A = f(Q)$.

Remarque :

On peut brièvement expliquer la linéarité oar la considération du cas où l'arrivée est uniforme.
Si la queue est supérieure à la queue de saturation

Soit w = la durée moyenne d'un arrêt

Aw = attente moyenne par véhicule

Comme la queue est une queue verticale, le temps écoulé entre deux arrêts successifs n'est pas un cycle, mais un rouge (le vert correspond à une avancée réelle dans le chaînon).

Le nombre d'arrêt est donc Partie entière $(\frac{Aw}{Rouge})+1$ (le coefficient $\frac{1}{2}$ permet simplement d'avoir A = 1 pour la queue égale à la queue de saturation).

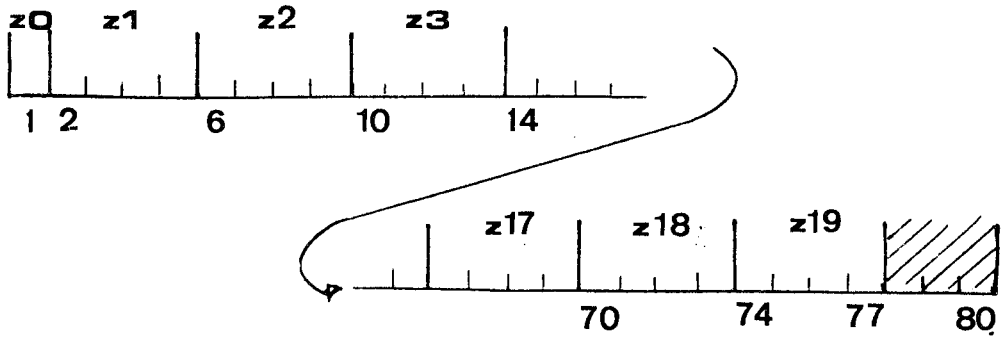
## 3.1. LE FICHIER "DONNEES"

Toutes les cartes de données, y compris celles des commandes ont le même format : 20 zones numérotées de 0 à 19 ; Z 0 , Z 1, ..., Z 19

colonne 0 : Z 0

colonnes 2 à 77 : 19 zones de 4 caractères chacune

colonnes 78 à 80 : inemployées.




Les données numériques sont cadrées à droite. Le blanc et le 0 ont la même valeur : '0', 'blanc' et 'vide' sont synonymes. Afin d'alléger le travail de codage, il a été le plus possible fait appel à la notion de valeur banale : valeur x que prend une donnée si la zone qui doit

---

* C'est un fichier carte normale, mais si il a été créé par un processeur de type EDIT, il doit impérativement être de type consécutif (c'est-à-dire pas indexé).

la contenir est vide ; cette possibilité est énoncée par l'expression suivante entre parenthèse : (vide = x).

Il y a 13 types de cartes, chacun étant identifié par son code, placé en Z 0. La séquence entre les cartes est rigidement fixée et est la suivante :

- une carte titre
- une carte de tête (code '0')
- 0,1 ou plusieurs cartes de code '8' décrivant les lois vitesse-débit
- 0,1 ou plusieurs cartes de code '9' décrivant divers paramètres
- autant de cartes de code '1' que de noeuds, dans un ordre quelconque.
- autant de paires de cartes, de codes respectifs '2' et '3', que de chaînons, avec ordre quelconque entre paires, sans séparer celles-ci.
- autant de suites de cartes, de codes respectifs, '4', '5', '6' (une de chaque) et '7' (une au moins), que de centroïdes, avec ordre quelconque entre les suites, sans séparer celles-ci
- au moins une carte de code 'B' (éventuellement vide en dehors du code) décrivant les axes et les courants prioritaires
- au moins une carte de code 'C' (éventuellement vide en dehors du code) décrivant les décalages imposés.

- autant de cartes de commande (code '0') que l'on veut (y compris aucune)
- éventuellement des cartes 'D' si l'affectation est toute faite.( Il doit alors y avoir une carte de commande DEJA code '0').

Les cartes sont décrites maintenant dans l'ordre où elles doivent apparaître qui est celui de la figure page III.4.

L'annexe 9 est un exemple de fichier de données.

### 3.1.1. CARTE TITRE

Z 0 - Z 15 : N'importe quelle chaîne de caractères, qui servira de nom à l'expérience et sera rappelée en tête des principales éditions.

### 3.1.2. CARTE '0' : DONNEES GENERALES

Z 0 : '0' ou 'blanc'

Z 1 : Nombre de noeuds (donc de carte '1')

Z 2 : nombre de chaînons (donc de paires '2' - '3')

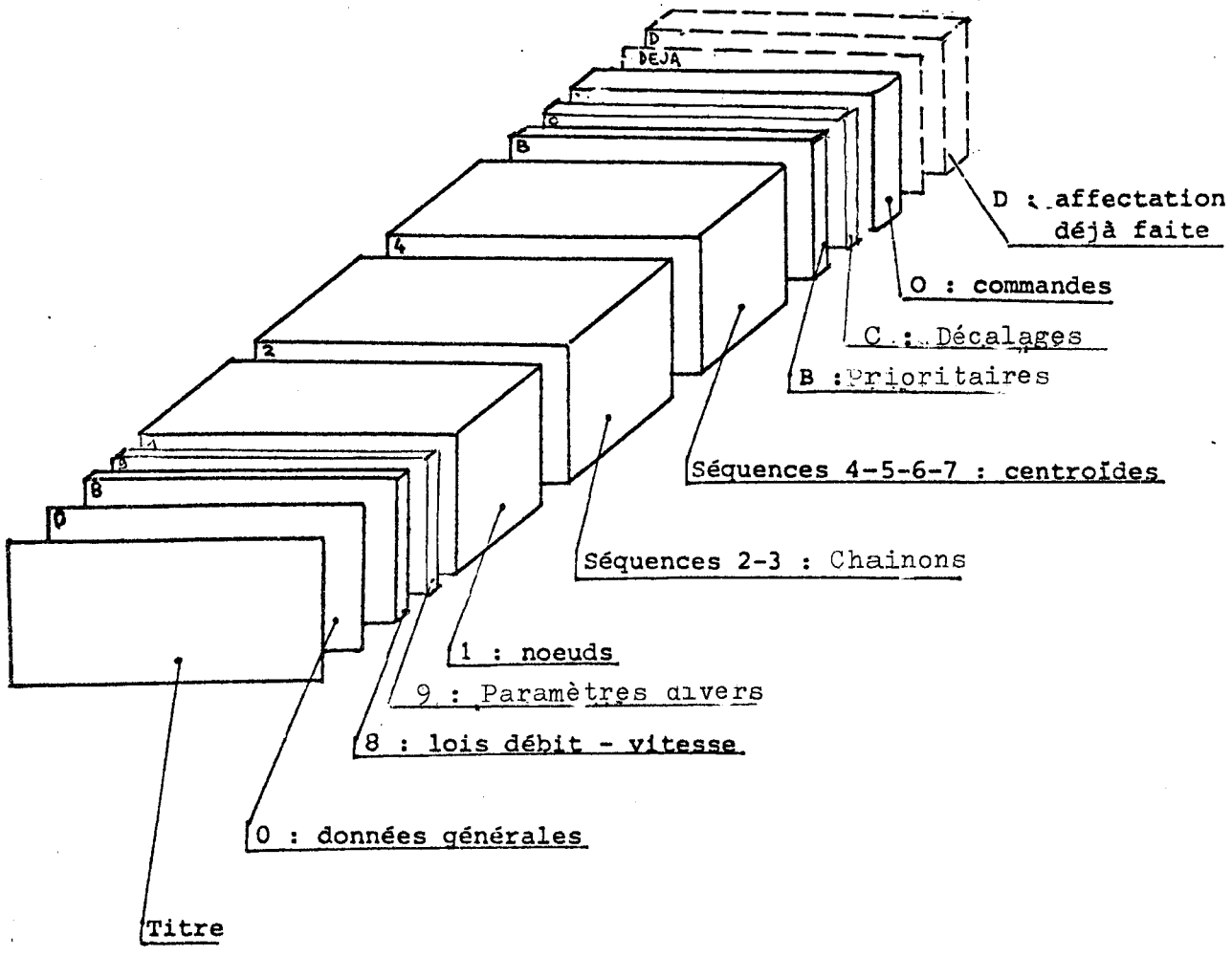
Z 3 : nombre de centroïdes (donc de suites '4' - '5' - '6' - '7').

Z 4 - Z 5 : vide

Z 6 - Z 7 : heure de fin générale ($\tau_3$) : heure (Z 6) et minute (Z 7)

Z 8 : valeur, en %, de $\alpha$, coefficient de réduction de débit en heure creuse d'avant la pointe (vide = 80 %).

## STRUCTURES DES DONNEES



Z 9 - Z 10 : heure de début de pointe ($t_H$)

Z11- Z 12 : heure de fin de pointe ($t_F$)

Z 13 : valeur de β , en %, coefficient de réduction de débit en heure creuse d'après la pointe (vide = 80 %)

Z 14 : durée du cycle, en secondes (vide = 90)

Z 15 : valeur banale du minimum de vert (vide = 10 sec.

Z 16 : valeur banale du maximum de vert (vide = 90 sec.

Z 17 : rouge intégral pour une phase (vide = 3 sec.)

Z 18 : vide

Z 19 : si l'on code quoi que ce soit ≠ 0, ici, les données sont imprimées.

### 3.1.3. CARTE '8' : LOIS DEBIT - VITESSE

La loi vitesse débit est de la forme

$$V_i = V_o \left(1 - \alpha(i) \frac{\text{débit}}{\text{débit saturation du carrefour}}\right)$$

$V_o$ est donné pour chaque chaînon par les cartes de code 2 en Z5 et les cartes de code 9 en Z3-Z12.
la loi n° i est donc caractérisée par α (i).

Par défaut le programme définit

$$V_1 = V_o \left(1 - 0{,}25 \frac{\text{débit}}{\text{débit saturation du carrefour}}\right)$$

On peut rajouter des lois en ajoutant, après la carte '0', un nombre quelconque de cartes '8' (éventuellement aucune) vides ou non, contenant :

Z 0 : code '8'

Z 2 K-1 : i (de 1 à 9)

Z 2K : $\alpha$ (i) (de 0 % à 100 %)

K = 1 à 9

par défaut i = 1 et $\alpha(1)$ = 25 %.

### 3.1.4. CARTE '9' PARAMETRES DIVERS

Si elles existent, la ou les cartes de code '9' doivent suivre immédiatement les cartes de code '8' et sont de la forme suivante :

Z 0 : code '9'

Z 2K-1 : numéro du paramètre

Z 2K : valeur du paramètre que l'on veut réinitialiser

K = 1 à 9

(Rem Z 19 doit être vide sinon on aura une impression de toutes les cartes données.)

Liste de ces paramètres :

1 : débit d'une voie, par défaut 1800 VL/h

2 : longueur moyenne de chaussée occupée par 1 véh.,en cm, par défaut 600 cm

3 à 12 : classes de vitesse, par défaut 25 à 70 km/h de 5 en 5

Attention : pour obtenir une vitesse de 30 km/h, il faut coder -2 en zone 5 des cartes 2 ( -4 → 40 km/h)

13 : coefficient de dispersion, par défaut 22 : à cause des vitesses différentes tous les véhicules ne parcourant pas le chaînon à la même vitesse. Param. (13)

donne la répartition de véhicules qui arrivent dans les tranches suivantes :

14 : nombre d'itérations dans le calcul des fonctions FR retard-décalage (F.R.D.) (l'histogramme d'entrée est plat), par défaut 3.

15 : nombre d'itérations dans la simulation finale lors du calcul des 3 paramètres pour la courbe Queue = F (taux de saturation). (par défaut 5)

16 : dans les carrefours comportant un mouvement prioritaire, on a besoin d'un % de vert fictif alloué aux mouvements sur la phase non prioritaire).

% de verts des genes = param(16) $\cdot \prod$(1-taux sat)
(sur les prioritaires de la 1ère phase)

par défaut 100.

17 : durée de vert minimum pour un "feu vert" 10 s.

18 : valeur minimale de g, pente à l'origine de la fonction Queue = f(taux de saturation)
par défaut $500 \cdot 10^{-3}$ Veh.

19 : valeur minimale du rapport $\frac{Q1 - g}{g}$ par défaut 100 %
$Q_1$ est la queue correspondant à un taux de saturation égal à 1, pour la fonction remplaçant celle de Webster dans le programme PHEDRE : min $Q_1 = 1 + \frac{\text{paramètre(19)}}{100}$

20 : valeur du véhicule équivalent d'un Tourne à Gauche gêné, par défaut $17. 10^{-1}$ Veh.

Editions supplémentaires et divers.

30 à40 : liste des numéros des chaînons pour lesquels on veut publier des résultats intermédiaires.

41 : inutilisé

42 ≠ 0 : Dans le traitement des carrefours sans feux on définit un courant prioritaire qui est le plus chargé du carrefour, et on étudie l'ensemble des mouvements tournants qui sont sur la même phase. Si le paramètre 42 ≠ 0, on définit l'inverse du mouvement principal, comme l'inverse strict c'est-à dire issu de l'aval et entrant dans l'amont. Sinon la 2ème phase contient tous les mouvements issus de l'aval (par défaut = 0).

43 ≠ 0 : oblige le test "taux de saturation de la période creuse initiale < BAS" (voir cette commande) après chaque affectation consécutive au choix d'un nouveau plus court chemin (par défaut = 0).

44 : si ≠ 0 impression pour chaque chemin
sinon impression au dernier chemin pour l'ensemble des impressions 45 à 50 (par défaut = 0).

45 ≠0 impression des décalages des feux

46 ≠ 0 : impression de la fonction retard décalage et de l'arbre maximum "coordonnable".

47 ≠ 0 : impression des sous réseaux

48 : impression des histogrammes de sortie
si = 1 sorties avec arrivées plates

si = 2 sorties avec Décalage optimum

= 4 sorties dernière étape.

49 ≠ 0 : impression des amonts des chaînons

50 ≠ 0 : impression des paramètres de la fonction Queue = f (taux de sat.)

### 3.1.5. CARTE '1' : NOEUDS

Z 0 : '1'

Z 1 : numéro du noeud (la numérotation n'a à être ni consécutive, ni ordonnée), inférieur à 1000)

Z 2 : ignoré

Z 3 : nombre de phases (vide = 1 = pas de feux), limité à 4.

Il faut 3 zones pour décrire une phase (Z 4 - Z 6, Z 7 - Z 9, etc.). Par exemple :

Z 4 : rouge commun (vide = valeur banale définie au paragraphe 3.1.2. en Z 17) compris entre 0 s et 20 s.

Z 5 : minimum de vert (id. en Z 15) compris entre 0 s.et cycle

Z 6 : maximum de vert (id.en Z 16) compris entre min.et cycle.

etc.

Ainsi l'emploi complet des valeurs banales permet de ne rien coder au-delà de Z 3, et, s'il n'y a pas de feux, la carte est vide après Z 1.

### 3.1.6. CARTES '2' : CHAINONS

La structure de ces données est un peu artificielle pour permettre de traiter des données plus anciennes.

Z 0 : '2'

Z 1 : numéro de chaînon (mêmes contraintes que les noeuds)

Z 2 : noeud origine (vide = extérieur)

Z 3 : noeud extrémité (vide = extérieur)

Z 4 : numéro de phase passante (vide = 1 : celà inclut à la fois les chaînons sans feux et ceux qui, effectivement, passent sur la phase 1).

Z 5 : si positif c'est le temps de parcours à vide il doit être supérieur à 2 sec. et inférieur à LGCOU= 250 s. (cf. sous programme DEBUT et erreur 28)
si négatif (= -i) c'est la vitesse numéro i, et alors Z 10 doit contenir la longueur du chaînon.
Les vitesses peuvent être définies dans les cartes '9' paramètres 3 à 12 par défaut vitesse = 25 km/h.
Si Z 5 est nul.

Z 6 : n° de la loi vitesse-débit : par défaut 1, cf. cartes '8'

Z 7 : capacité de stockage : si la longueur est donnée (Z 10 ≠ 0)
Z 7 est ignorée, et la capacité est recalculée par défaut 0 (en uvp.)

Z 8 : le débit de saturation au droit du feu (en uvp/h)

Z 9 : le débit de saturation de la section courante par défaut c'est le débit de saturation au feu.

Z 10 : longueur du chaînon, si elle est donnée elle sert au calcul du temps de parcours à vide, et de la capacité de stockage (en m)
attention la longueur doit, avec la vitesse donnée en Z 6, donner un temps de parcours à vide > 2 secondes.

* Si la longueur des chaînons n'est pas donnée on ne pourra pas obtenir de somme des véh./kms parcourus ; dans le bilan global SVKM = 0 (voir éditions)
* Tous les débits sont exprimés en u.v.p. unités véhicules particuliers.

### 3.1.7. CARTE '3' : MOUVEMENTS TOURNANTS AMONTS

Z 0 : '3'

Z 1 : numéro de chaînon (rappel)

Les mouvements tournants sont décrits de Z 2 à Z 19 à raison de 3 zones chacun Z 2 - Z 4 , Z 5 - Z 7, etc.) et sont au maximum 6 :

Pour i = 0 à 5

Z 2 + 3 i : numéro de chaînon amont

Z 3 + 3 i : véhicule équivalent, en dixièmes

Z 4 + 3 i : temps de traversée (0 est possible) en secondes.

Valeurs utilisées pour les mouvements tournants.

| type | Véhicule Equivalent | Temps perdu |
|---|---|---|
| Direct | 10 | 0 |
| T.A. Droite | 11 | 3 |
| T.A. Gauche gêné | 17 | 18 |
| T.A. Gauche non gêné | 11 | 4 |

### 3.1.8. CARTE '4' : CENTROIDE, DONNEES PROPRES

Z 0 : '4'

Z 1 : numéro de centroide (cf. noeuds)

Z 2 - Z 3 : heure de début de fort débit ($t_h$) en heures (Z 2) et minutes (Z 3)

Z4-Z5: heure de fin ($t_f$)

Z 9 : nombre de cartes '7' (vide = 1)

Les heures $t_h$ et $t_f$ sont par défaut égales à $t_H$ et $t_F$ les heures générales de début et de fin de pointe définie carte '0'.

### 3.1.9. CARTE '5' : PUITS

Z 0 : '5'

Z 1 : rappel du numéro du centroïde

Les chaînons qui sont puits sont décrits à raison de 2 zones chacun (Z 2 - Z 3, Z 4 - Z 5, etc.) et sont au maximum 9. Il peut n'y en avoir aucun, mais cela n'empêchera pas la carte '5' de figurer.

Z 2 : numéro du chaînon puits

Z 3 : délai d'absorption, compté de l'entrée dans le chaînon à la disparition du véhicule (0 est permis)

etc.

### 3.1. 10. CARTE '6' : SOURCES

Décrite avec des conditions exactement semblables à la '5'. Le délai d'émission est compté de la naissance du véhicule à l'arrivée dans la queue à la ligne de feux.

### 3.1.11. CARTES '7' : MATRICE O. D.

S'il n'y a aucune émission, ou si l'affectation est prévue être déjà faite, il y aura une seule carte '7', réduite aux seules zones Z 0 et Z 1. Sinon on décrit, à raison de 2 zones par destination (Z 2 - Z 3 , Z 4 - Z 5, etc. l'ensemble des liaisons du centroide vers les autres ; celles qui ne sont pas citées sont nulles.

Z 0 : '7'

Z 1 : rappel du numéro du centroïde

Z 2 : numéro du centroïde destination. Ce centroïde peut n'être décrit que plus loin (par sa série 4-5-6-7) dans les données.

Z 3 : flux (et non débit horaire) émis du centroîde de Z 1 vers celui-ci entre les instants $t_h$ et $t_f$ propres au premier (exprimés en u.v.p.)

etc.

### 3.1.12. CARTE 'B' : LES PRIORITAIRES

Il y a deux types de prioritaires.

1. des chaînons isolés sur leur carrefour aval sans feux.

2. des successions de chaînons formant un axe prioritaire, le noeud amont du 1er et le noeud aval du dernier chaînon étant les seuls avec feux, les chaînons intermédiaires sont comme ceux du 1er type. En fait, on veut coordonner les feux des deux noeuds extrémités.

A priori on s'interdit de mettre un chaînon sur plus d'un axe.

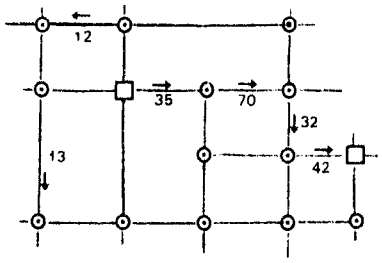
La description de ces chaînons prioritaires se fait sur les cartes de code 'B'. Il y en a au moins une vide qui clôt le paquet.

Les axes sont décrits sur des zones consécutives.

Les chaînons isolés sont sur des zones isolées, les uns et les autres pouvant être sur la même carte mais séparés par un blanc (le blanc, ici, a donc une signification de séparateur). Un axe doit être complétement décrit sur une seule carte.

exemple de carte de code 'B'

Soit le réseau



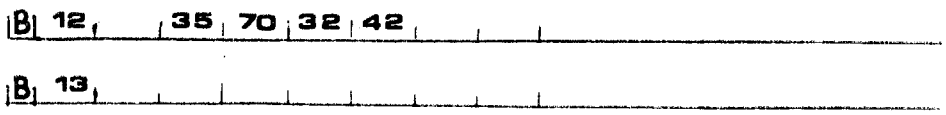

□ carrefours à feux

⊙ carrefours sans feux

→ chaînons prioritaires

13 numéro de chaînon.

Cette situation pourra être codée comme suit




### 3.1.13. CARTES 'C' : DECALAGES

Elles permettent d'imposer des décalages à certains carrefours avec feux (décalages absolus), pour éviter la coordination automatique de ces feux.

Il doit y avoir au moins une carte de code 'C' éventuellement vide.

La syntaxe est la suivante :

Z 0 : 'C'

Z 2K : numéro du noeud

Z 2K+1 : valeur du décalage qui doit être positif ou nul (de toutes façons c'est un entier modulo le cycle commun à tous les feux, par défaut 90 s.).

## 3.2. LES CARTES "COMMANDES"

Avant de présenter in extenso la liste alphabétique de toutes les commandes existantes, il a semblé important de donner une présentation des commandes les plus importantes c'est-à-dire indispensables (ou quasiment).

Un jeu de commandes de base est du type suivant :

- AFFECTE indispensable pour avoir une affectation si elle n"existait pas antérieurement
- SIMULE indispensable pour la simulation
- STATIQUE permet d'obtenir un bilan détaillé de l'affectation statique
- BILAN 1 entraîne l'édition des bilans détaillés
- BILAN 2 des périodes avant Heure pointe (1), Heure de
- BILAN 3 Pointe (2) et Après (3)
- CHEMINS 8 entraîne une affectation sur les huit plus courts chemins.

L'annexe 10 donne un exemple de fichier "Commandes".

Une commande a la structure suivante :

Z 0 : blanc ou '0'

Z 1 - Z 2 : un mot de 4 à 8 caractères, cadré à gauche, identifiant la commande

Z 3 - Z 19 : éventuelles informations supplémentaires numériques.

La plupart du temps seuls les 4 premiers caractères sont significatifs.

Pour indiquer le comportement de PHEDRE, en absence de la commande, il sera indiqué entre parenthèse 'absence = x' , ou x est l'option par défaut prise par le programme. Cette indication est sous-entendue dans le cas des éditions, car l'option par défaut en l'absence de la commande est toujours l'absence de l'édition. (Les valeurs par défaut sont contenues dans un tableau SAN (45) initialisé par un ordre DATA au début du sous programme ERGO. Elles sont ensuite affectées au tableau IOPT (45). Les numéros entre parenthèses à la suite de chaque commande donne l'indice correspondant de IOPT.)

Les commandes sont les suivantes, le mot à placer en Z 1 - Z 2 servant d'intitulé à leur description. Si un seul paramètre est demandé il est toujours en Z 3. Les commandes qui sont marquées (*) n'ont d'utilité que pour la mise au point. Elles sont classées par ordre alphabétique.

AFFA(38)

Le paramètre $\lambda$ de répartition sur les nouveaux chemins en %. Par défaut : 150 %. Le premier chemin reçoit $(1 - \frac{100}{2\lambda})$ % du traffic le suivant reçoit $100/2\lambda$ puis à la Kième itération on réaffecte $100/ k\lambda$.

AFFECTE (2)

Le programme devra réaliser lui-même l'affectation, selon l'une des deux méthodes possibles. En l'absence de cette commande, le programme se contente de lire et contrô-

ler les données.

ALEA (37)

Le paramètre μ d'approximation de Webster, en %. Par défaut : 120 %. Si $q_o$ est le 1er terme de Webster, $\frac{\mu . q_o}{100}$ est la valeur de "Webster approchée" pour un taux de saturation égal à 1.

AMONT (7)

Dans le bilan, les chaînons sont, par défaut, identifiés par leur noeud amont et aval. Si la présente commande est donnée, le noeud amont est remplacé par le numéro du chaînon.

BAS (39)

La limite du taux de saturation (en demande), en période creuse, à l'issue de l'affectation, au-delà de laquelle une erreur est signalée. En % : par défaut : 90 %. Le paramètre 42 carte de code '9' permet d'effectuer ce test à l'issue de chaque nouveau chemin.

BILAN (29), (30), (31)

L'utilisateur désire que soit publié le bilan détaillé d'une des 3 périodes qu'il étudie, en indiquant en Z 3 quelle est cette période :

1 : l'heure creuse de début (c'est-à-dire le régime permanent de début de pointe, à l'instant $t_H$)

2 : (par défaut si Z 3 = vide) l'heure de pointe.

3 : l'heure creuse d'après la pointe (de $t_F$ à $t_3$). (Cf carte'O')

Une commande ne demande qu'un bilan, mais les 3 peuvent être demandés (l'ordre de publication est chronologique, indépendant de l'ordre des commandes). En leur absence, aucun tableau n'est publié. Ces 3 bilans ne sont donc pas publiés si on ne les demande pas. Mais ils sont systématiquement calculés. Le bilan de l'affectation initiale statique est obtenu par la commande STATIQUE (ou si l'on met BILAN avec Z 3 = 0).

CHEMINS (4) (Nombre d'itéractions)

L'affectation sera faite par chemins successifs (maximum = Z 3) selon la méthode de choix d'un nouveau chemin et de réaffectation totale équirépartie. C'est l'option par défaut : si "AFFECTE" est seul, la présente commande est prise par défaut, avec Z 3 = 6. En cas de conflit (présence de CHEMINS, QUANTILE et DEJA simultanément), c'est le dernier cité qui l'emporte.

COMMANDE

Au lieu d'être en séquence, les commandes qui restent à lire sont sur le fichier d'étiquette logique 12. Cette carte doit donc être la dernière du fichier données.

DECALAGE (43)

Voir Page II-21 Algorithme de décalage.

DEJA (4). (2)

L'affectation n'est pas faite par le programme. Elle est reconstituée sur des données qui sont soit sur cartes et suivent la carte "DEJA' (on a alors Z 3 = 0). Soit sur un fichier cartes (d'étiquette logique Z 3). Dans les 2 cas la commande DEJA doit être la dernière du paquet de commandes.

L'utilisation de cette commande est possible avec n'importe quelles données précédentes : si le jeu de données comporte une matrice O.D. (cartes '7' non vides), celle-ci est ignorée complètement. Néanmoins un paquet de données qui prévoit l'utilisation de DEJA, et qui, donc, n'a pas besoin de décrire la matrice O.D., doit malgré tout avoir la structure habituelle : chaque centroïde est décrit par la suite, '4', '5', '6', '7' ; le contenu des 3 premières doit être complet, et la carte '7', doit figurer, même vide de toute autre information que son code.

Le fichier cartes qui décrit l'affectation hors ligne est composé d'autant de cartes que l'on veut, toutes ayant la même structure : la dernière est vide (sauf le code 'D' en Z 0). Une carte est composée comme suit : centroïde et chaînons sont mélangés sous le vocable commun "élément".

La première ligne du fichier de code 'D' contient un coefficient de redressement (HAU) par lequel serait multiplié :

- les émissions des centroïdes,
- la matrice O.D.,
- les débits entrants demandants
- les débits sortant par intervalle

} de chaque chaînon

- débits moyens des mouvements tournants.

Z 0 : code 'D'

Z 1 : l'élément émetteur soit un chainon T (Z 1 = T) et la carte décrit ses avals), soit un centroïde C (Z 1 = - C, et la carte décrit ses sources)

Z 2 - Z 19 : les éléments alimentés par celui que l'on indique en Z 1, à raison d'une paire de zones par élément.

Z i : l'élément alimenté lui-même ; un tronçon U (Z i = + U) ou un centroïde K (Z i = - K).

Z i + 1 : le volume du trafic de Z 1 vers Z i, exprimé en véhicules/heure.

Les combinaisons possibles sont les suivantes :

- un tronçon alimente un tronçon (mouvement tournant banal)
- un tronçon alimente un centroïde (puits)
- un centroïde alimente un tronçon (source), mais un centroïde n'alimente pas un centroïde.

Sur une carte décrivant les sorties d'un tronçon, on peut mélanger puits et mouvements tournants. On peut décrire les sortants d'un même élément sur plusieurs cartes éparses ou sur une seule, en ordre quelconque.

PHEDRE effectue les contrôles suivants :

- équilibre des flux entrants et sortants d'un tronçon.
- équilibre général des flux émis (sources) et absorbés (puits) sur l'ensemble du réseau,
- non répétition d'une même liaison
- compatibilité de la liaison avec la description du réseau.

Il fournit en outre la liste des liaisons non utilisées que la description du réseau rendait possibles.

DESSIN (24)

Un fichier, d'étiquette logique 15 est constitué ; il contient tous les bilans détaillés demandés, publiés ou non (cf. INTERVAL) : 4 au minimum (estimation statique de la pointe, et les 3 périodes $(t_o - t_H)$, $(t_H - t_F)$, $(t_f - t_3)$ et les éventuels bilans d'intervalle. Chacun de ces bilans est décrit de la même façon, de sorte qu'un programme de dessin ultérieur pourra reproduire l'un quelconque. **(cf. p. III,31 ; IV,5 ; A,20).**

DROITE (40)

La saturation en statique est calculée avec une droite dont la pente est celle de l'hyperbole au point (saturation = 1) multiplié par Z 3 en %, par défaut 100 %.

ECRETE (42)

Si cette commande n'existe pas, il n'y a pas d'écrêtement des taux de saturation.

Z 3 = 0 écrêtement aux 2 derniers chemins

Z 3 ≠ 0 écrêtement à partir du chemin Z 3

Z 4 % de perte par rapport à la capacité du chaînon par défaut 3 %

Z 5 impression des résultats de l'écrêtement

0 : jamais

1 : au dernier tour
2 : à tous les tours
} pour les noeuds cités après la commande REDUC

3 : au dernier tour
4 : à tous les tours
} pour tous les noeuds

* EXTERNE (10)

Le traitement des chaînons liés à l'extérieur (entrants et sortants) a lieu toutes les Z 3 secondes, par défaut 60 s.

E. CH TEST (8)

Permet d'obtenir la liste de tous les chemins passant par un ou plusieurs chaînons donnés :

Pour i = 1 à 8

Z 1 + 2 i est le noeud amont du chemin cherché

Z 2 + 2 i est le noeud aval

Dans l'édition des chemins, le chaînon cherché apparaît en négatif : ses deux extrémités sont négatives.

E. CHEMIN (8)

Sans rien d'autre que cette commande (Z 3 = 0). On sort tous les chemins à toutes les itérations selon le format suivant :

$C_1$ - $C_2$ X$ $n_1$ $n_2$ ..... $n_p$

(origine) (destination) (coût) (noeuds traversés)

On peut restreindre l'édition à quelques chemins, en mettant des nombres positifs et négatifs en Z 3 .... Z 9 on n'aura que les chemins allant des numéros de centroïde positifs aux numéros de centroïde négatifs. Exemple :

E. CHEMIN -1 +3 +5 = chemins de 3 à 1 et de 5 à 1

E. CHEMIN -2 -4 +3 +6 = chemins de 3 à 2, de 3 à 4, de 6 à 2 et de 6 à 4

La liste peut être sur plusieurs cartes commandes E.CHEMIN.

* E. MN (13)

Lors de la lecture d'une affectation ancienne après la commande DEJA, cette commande permet d'éditer pour chaque chaînon le numéro de son noeud aval et de son noeud amont.

FRACTION

L'affectation par quantiles, au lieu d'etre avec les valeurs par défaut, est faite avec celles-ci :
Z3 - Z4 1er quantile et son coefficient de surcharge
Z5 - Z6 2e quantile etc ... (maximum 8 quantiles)
C'est la commande QUANTILE qui dit le nombre employé.

GARDE (27)

Lorsque l'affectation est faite, elle est conservée sur fichier (étiquette logique 2) dont la structure est exactement celle exigée par la commande DEJA, et dont l'utilisation immédiate est donc possible.

INTERVAL (25)

Outre les bilans par périodes, le programme est invité à calculer un bilan toutes les Z 3 secondes (pas d'option par défaut), durant les périodes 2 à 3 seulement. Z 3 doit être contenu un nombre entier de fois dans chacune. S'il n'est contenu qu'une fois, il n'est pas calculé.

Ce calcul donne lieu nécessairement à l'édition de la performance de l'intervalle. En outre, si DESSIN a été commandé, le bilan détaillé est inclus dans le fichier, même s'il n'est pas publié.

Pour la publication des performances et des tableaux et pour le fichier, chaque bilan reçoit un numéro d'ordre (et c'est par ce numéro que le dessin à faire sera appelé). Par exemple :

- période de pointe de 11 h à 12 h
- période creuse finale de 12 h à 12 h30
- durée de l'intervalle de 15 m,

Les bilans seront alors publiés (éventuellement) et numérotés comme l'indique le schéma :

* INFINI

Par défaut "l'INFINI" est fixé à $2^{23}$ il est possible de le modifier par cette commande et de lui donner la valeur $2^{Z3}$. L'infini sert principalement lors du calcul des plus courts chemins : ceux qui sont très saturés ont des coûts qui deviennent très élevés. Attention à ne pas obtenir des coûts négatifs par overflow.

HIPS (40)

Les saturations en statique sont calculées avec une hyperbole.

LIGNE (14)

Nombre de lignes dans un tableau du bilan en Z 3, par défaut 52 lignes.

MAX. (ou MAX) (17)

Le programme gère les deux quantités suivantes, par chaînon :

- la concentration (nombre de véhicules contenus rapporté à la capacité)
- un "taux de saturation" d'arrivée : rapport entre le flux alimentant la queue et le flux maximal correspondant au taux de saturation. Ce flux est compté durant un temps égal au temps de parcours théorique $P_o$, propre au chaînon et constant.

Toutes les Z 3 secondes (par défaut 300 ) PHEDRE observe la valeur de ces 2 quantités. En fin d'expérience, pour chacune des 2 et chaque chaînon, PHEDRE calcule le

maximum sur l'ensemble des observations. Il est donc en possession d'une paire de valeurs par chaînon.

PHEDRE publie alors les paires de maxima dont l'un des deux éléments (concentration ou taux d'arrivée) a dépassé une certaine limite fixée a priori à 95 %. Chaque valeur est accompagnée de l'heure à laquelle elle a été observée.

MAX.CAPA (18)

Pour les nombres de véhicules contenus dans le chaînon comparés à la capacité, la limite inférieure de publication n'est plus 95 %, mais est indiquée (en %) en Z 3.

MAX. TXAR (19)

Pour ces taux d'arrivée, la limite inférieure de publication n'est plus 95 %, mais est indiquée (en %) en Z 3.

Bien entendu, avec une limite 0, tous les maxima sortiront.

* PASCAL (5)

Le nombre d'itérations, dans le calcul des plus courts chemins est édité.

PREMIER (6)

Au lieu de 80 %, valeur par défaut, le coefficient de sous-charge $\xi$ du premier chemin est Z 3.

QUANTILE (4), (1)

L'affectation est par quantiles, avec Z 3 chemins (6 si Z 3 = 0), avec les valeurs définies par FRACTION, ou bien, sinon, avec les suivantes :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| quantiles (%) | 30 | 23 | 17 | 13 | 10 | 7 |
| surcharge (%) | 176 | 136 | 122 | 113 | 106 | 100 |

* RECULE (11)

En principe l'"heure creuse" de début commence par défaut 900 s avant le début de la pointe, ce qui permet au programme de remplir les tableaux nécessaires. Si on veut changer cette durée on la donne en Z 3 en secondes.

REDRESSE (41)

Sans cette commande on ne redresse rien, et avec cette commande 3 cas sont possibles :

. Z3, Z4 et Z5 sont non nuls : on redresse à partie du Z3ème chemin, on stabilise ce redressement sur Z4. chemins. Le taux de saturation retenu est celui du Z5ème chaînon classé par taux de saturation décroissant.

. Z3, Z4 et Z5 sont nuls, les valeurs par défaut sont prises, c'est à dire Z3=6, Z4=3, Z5=3. Le traitement est alors identique à celui du 1er cas

. Z3 > 100.
Dans ce cas Z3 n'est pas un numéro de chemin, mais le coefficient de redressement.

REDUC (36)

L'ensemble des publications (bilan, maxima) est ré-

duit à l'ensemble des chaînons entrants des noeuds dont la liste est ici, de Z3 à Z19.

REGULER (16)

Permet de modifier le nombre d'itérations régulées, en particulier de de court-circuiter la régulation et d'utiliser un calcul rapide des paramètres de Q = f (taux).

Z 3 indique que jusqu'au Z3ème chemin on ne régule pas. SI Z 3 est supérieur au paramètre de la carte CHEMINS il n'y aura pas du tout de régulation.

Par défaut on régule à la dernière itération.

SIMULE (2), (3)

Après affectation, il y a simulation.

STATIQUE (28)

Le bilan est édité avec les évaluations en statique faites après l'affectation.

* STOP (22)

Soit i la durée d'un intervalle ou, s'il n'y en a pas, i = 900. Soit $t_H$ l'heure de début de pointe. Le programme arrête sa simulation à l'heure $t_H$-i+Z3 (en secondes).

SUIVI (32) ou (33) ou (34)

Associée à la commande INTERVAL, SUIVI permet la publication d'un bilan complet à la fin de chaque intervalle.

Z3 = 0 ne donne rien

Z3 = 1 on publie un bilan pour chaque intervalle de l'heure de pointe.

Z3 = 2 idem, pour chaque intervalle du creux final.

(attention car l'heure de pointe est la 2e période).

* TRACE (20)

Z3 ≠ 2 Permet l'édition

Z3=0 est permis)

- des chaînons classés par numéro
- des chaînons classés par noeud amont croissant
- des chaînons classés par noeud aval croissant
- des mouvements tournants
- des données des centroïdes.

Si Z3 = 2, en plus

on a une trace pas à pas du fonctionnement des chaînons (éventuellement réduite aux seuls chaînons cités dans REDUC).

% CAPA (12)

Toutes les capacités de stockage sont multipliées par Z3 (%). SI Z3 est vide il ne se passe rien.

% DSAT (15)

Tous les débits de saturation sont multipliés par Z3 (%). Si Z3 est vide il ne se passe rien.

% OD (9)

Tous les O.D. sont multipliés par Z3 (%).
Si Z3 est vide toutes les OD deviennent nulles.

**** Commande qui permet "en conversationnel" d'introduire d'autres commandes (ou de les modifier) dans le fichier commande" de l'exécution en cours.
La valeur de l'option entre parenthèses Z3 (suivant la commande à modifier) prend la valeur Z4.

3.3. EXPLOITATION DU FICHIER CREE PAR DESSIN. Cartes de Code 'E'

Les bilans édités font la liste des états de chaque chaînon à une heure donnée. Il est possible de demander, dans une exploitation distincte les listes inverses : pour un chaînon donné, liste des états successifs sur l'ensemble des périodes et intervalles. Si le fichier a été créé (par la commande DESSIN), on fournira comme seules et uniques données le jeu de cartes suivant (qui remplace complètement celui décrit précédemment).

| | |
|---|---|
| 1ère | un titre quelconque |
| 2e | Z 0 : "E" |
| | Z 1 : le numéro d'étiquette logique du fichier (en fait 15) |
| Suivantes | Z 0 : "E" |
| | Z 1 - Z 19 : une liste de noeuds. Les chaînons publiés seront tous ceux qui ont ces noeuds pour aval. Il peut y avoir plusieurs de ces cartes si la liste a plus de 19 noeuds. |

Dernière Z 0 : "E"

Z 1 - Z 19 : vide

Si l'on passe de la 2e à la dernière (liste vide), tous sont publiés.

N.B. Le fichier est complet à partir du moment où les commandes "INTERVAL" et "DESSIN" figuraient dans l'exploitation précédente, quelle que soit l'édition qui en était demandée.

## 4. SORTIES

Les Editions Autorisées par PHEDRE sont assez nombreuses.

Préliminaires

. l'édition minimale : les performances

. la Publication d'un bilan complet STATISTIQUE, BILAN AMONT, REDUC, INTERVAL, SUIVI

. les Editions supplémentaires, carte '9'

- décalages des feux
- Fonction retard , décalage et l'arbre maximum "régulable"
- Les sous réseaux,
- les histogrammes des chaînons
- Les amonts des chaînons
- les paramètres de la fonction Queue/Débit

. l'Historique des chaînons avec les cartes de type 'E'

. Le Fichier Dessin et l'interface avec DAVIS

. les résultats de l'écrétement ECRETE

. la publication des chemins, E. CHEMIN et PASCAL

. le stockage de l'affectation pour une simulation extérieure

. Renseignement sur les chaînons après la lecture des données TRACE

. les messages d'erreur.

En Annexe on donne des exemples de publications pour cha-

que cas.

## 4.1. Généralités pour les Editions

L'option par défaut est l'absence d'édition, il faut donc préciser explicitement les résultats que l'on veut obtenir.

En ne demandant rien, on obtient un listing minimum contenant :

- le titre (c'est la 1ère ligne du fichier donnée)
- les cartes de code '0', '8' et '9' et la première carte de code '1'.
- la liste des commandes
- une performance par période indiquant
  - . l'heure de début et l'heure de fin de la période
  - . la durée
  - . les véhicules.heures ou temps total passé dans le système PERF
  - . La somme des débits SDEB
  - . la somme des véhicules dans la partie libre des chaînons SL
  - . la somme des véhicules dans les queues SQUE
  - . le nombre total d'arrêts SARR
  - . les véhicules.km, SVKM

(cf. Annexe 17).

Il y a 4 périodes :

- STATIQUE correspond à l'affectation moyenne statique sur l'heure de pointe
- AVANT simulation de l' "heure" creuse précédant la pointe
- POINTE simulation de l' "heure" de pointe
- APRES simulation de l' "heure" creuse suivant la pointe

4.2. Le bilan complet

Il est naturellement intéressant de disposer de résultats plus fins que les performances globales de l'édition minimale.

PHEDRE peut fournir pour chaque chaînon, et chaque période choisie les renseignements suivants :

- identificateurs du chaînon
  - . le noeud aval AV
  - . le noeud amont AM
- la durée de vert accordée au chaînon PH
  une durée négative indique simplement que le carrefour aval n'a pas de feux, mais que le programme a calculé un pseudo vert (cf. régulation)*
  Les chaînons sortants (alimentant un centroïde) ont un vert 90 . Il n'y a pas de feux.
- la capacité de stockage du chaînon CAP (en uvp)

---

* il est malheureusement impossible dans l'état actuel du programme de garder en mémoire plus d'une durée de vert par carrefour sans feux. Celle qui est imprimée n'est pas forcément la vraie durée du chaînon mais seulement celle d'un des chaînons arrivant au carrefour.

- le temps de parcours à vide (en s) TO
- le temps de parcours réel (en s) TM
- le nombre de véhicules dans la partie libre LIBR
- le nombre de véhicules dans la queue QUEUE
- le nombre total d'arrêt pour un débit horaire ARRT
- le débit de saturation par heure de vert DSAT
- le taux de saturation TXS
- le débit horaire dans le chaînon DEBT
- la répartition sur l'ensemble des chaînons en aval

  AVAL = numéro du noeud aval

  % = pourcentage du trafic DEBT qui entre dans le noeud aval.

Le Bilan de chaque période doit être demandé séparément

| Pour la période | Par commande |
|---|---|
| STATIQUE | "STATIQUE" |
| AVANT | "BILAN ..... 1" |
| POINTE | "BILAN ..... 2" |
| APRES | "BILAN ..... 3" |

Un exemple est donné à l'annexe 18.

Modifications du Bilan

La commande "AMONT" permet de remplacer le noeud amont par le numéro du chaînon.

La commande "REDUC" permet de réduire les publications à l'ensemble des chaînons entrant des noeuds dont la liste suit de Z3 à Z19.

La commande "INTERVAL" Z3 demande le calcul d'un bilan toutes les Z 3 secondes (et d'une performance publiée obligatoirement) pendant les périodes : POINTE et APRES.

La commande "SUIVI ..... 1" entraîne la publication d'un bilan toutes les Z3 secondes pendant la période POINTE. "SUIVI ..... 2" a le même effet pour APRES.

SUIVI et REDUC peuvent être combinés.

### 4.3. L'Utilisation du fichier DESSIN

Ce fichier qui contient l'ensemble des bilans détaillés qui ont été demandés peut être utilisé de deux manières ;

a) chronologie d'un chaînon.

Un sous programme spécial de PHEDRE (ZILINV) permet d'éditer la liste des états successifs de certains chaînons. Il faut pour cela construire un fichier de données spécial avec des cartes 'E', qui est décrit à la fin du chapitre DONNEES (Annexe 19 et III-31).

b) Utilisation du programme VISUA de DAVIS

Un programme indépendant appelé SORT 80 construit, à partir du fichier DESSIN, un autre fichier contenant des

mêmes informations mais avec une structure identique à celle des fichiers DAVIS.

Un autre programme, utilisant les données du programme VISUA de DAVIS, construira ensuite un fichier BENSON qui permettra l'obtention de dessins du réseau.

L'interface supprime du dessin les chaînons dont une des extrémités est l'extérieur. Ceci est dû à une incompatibilité de description entre PHEDRE et DAVIS, qui empêche également la représentation des centroïdes. Mais l'utilisateur peut librement créer des noeuds (en général un pour chaque paire de chaînons entrant et sortant parallèles) pour que les chaînons ne soient plus rejetés et apparaissent sur le dessin (voir un exemple au § 23). Les noeuds supplémentaires, dans VISUA, recevront bien sûr des coordonnées.

MODE D'EMPLOI

DONNEES

Sur cartes (ou dans un fichier assigné à 105), on rencontre les données suivantes, dans le format habituel de PHEDRE : (Exemple en Annexe 20).

1ère carte

Z 1 à Z 12 : titre complémentaire (inapparent sur le dessin).

2e carte

Z 0 : "F'

Z 1 : numéro du bilan que l'on veut visualiser (cf commande "INTERVAL")

Z 2 : numéro de la variable que l'on veut visualiser. Définit comme suit :

1. n° du chaînon
2. n° du noeud aval
3. capacité de stockage
4. temps de parcours sans queue
5. débit saturation par heure de vert
6. n° du noeud amont
7. nombre d'arrêts
8. temps de parcours
9. véhicules en mouvement (libre)
10. véhicules dans la queue
11. taux de saturation
12. débit du chaînon (par heure) **(par défaut)**

Z 3 : 1 si on ne veut pas l'édition des cartes suivantes du fichier.

Attention :

DAVIS autorise un dessin où la largeur des arcs est proportionnelle à la variable représentée. C'est malheureux avec les variables 1, 2, 6. Il faut aussi ajuster l'échelle.

Cartes suivantes (en nombre quelconque)

Z 0 : 'F'

Z 1 : numéro d'un arc relié à l'extérieur, pour lequel

l'extrémité libre doit être remplacée par un noeud réel.

Z 2 : Le numéro de ce noeud, nouveau ou non. C'est le programme qui se charge de reconnaître si c'est l'amont ou l'aval qui est ainsi crée. Le programme ne permet pas la rénumérotation d'une extrémité d'un arc interne. Le numéro de noeud ne doit pas excéder 1098.

Z 3 - Z 18 : idem, pour d'autres couples 'arc - nouvelle extrémité' (arc en $Z_{2i}$ - 1, noeud en $Z_{2i}$). Les trous sont permis.

Dernière carte

ZO : 'F'

Z 1 - Z 18 : vide

EXEMPLE DE MISE EN OEUVRE (à l'I.R.T.)

Il faut constituer une étape de travail dans laquelle sont assignés les fichiers suivants :

- étiquette LM : le programme SORT80 (composé de la compilation et de l'édition de liens de 5 modules : SORT 80, ERMU ERMULT, MEDMEM, MEMDAV et INITVI.)
- étiquette 15 : le fichier 'DESSIN' de PHEDRE
- étiquette 6 : le fichier DAVIS, en accès direct. Il est choisi pour être la fusion des 3 fichiers RESEAU, DEMANDE et RESULTATS en un fichier unique. C'est ce fichier que l'on fera croire à VISUA venir de DAVIS (cf. exemple annexe 21)
- étiquette 108: l'imprimante
- étiquette 105: les données (décrites précédemment).

Il n'y a aucun inconvénient à faire suivre cette étape par l'étape VISUA dans le même travail.

EXEMPLE Annexe 22.

Le réseau initial est dessiné en supprimant les chaînons en pointillé (fig. 1). Grâce aux données complémentaires (fig. 2), le réseau dessiné sera plus complet (fig. 3) . Sur les figures, le numéro d'arc est donné au milieu de celui-ci.

VISUALISATION

Le fichier DAVIS crée est exploitable par la version

1979 de VISUA. Afin d'éviter les difficultés dues à d'éventuelles mises à jour de cette version, il est recommandé de la recopier sur un fichier LM propre à l'utilisateur.

Dans la constitution du fichier 'DAVIS', il y a eu conventionnellement création d'une paire de centroïdes fictifs, de numéros 1099 et 1100, indispensable à la cohérence des données. Il faut leur donner des coordonnées arbitraires, mais utiliser ensuite la commande 'RESEAU REEL' pour qu'ils ne viennent pas perturber le dessin.

VISUA demande des données exactement conformes à son mode d'emploi habituel (cf. brochure DAVIS) : le relevé des coordonnées (noeuds réels et supplémentaires, paire de centroïdes fictifs) et les commandes de type et d'exécution de dessin sont toutes utilisables.

L'annexe 23 donne un exemple de dessin obtenu.

## 4.4. ECRETEMENT

Les résultats de l'écrétement sont obtenus par le paramètre Z 5 de la commande "ECRETE"

Si

Z5 = 0 pas de publication

Z5 = 1 publication à la dernière itération
Z5 = 2 publication à chaque itération

} pour les noeuds cités dans "REDUC"

Z5 = 3 à la dernière itération } pour tous les
Z5 = 4 à chaque itération } noeuds

(cf. exemple en annexe 24).

4.5. Les plus courts chemins

La commande "PASCAL" commande l'impression du nombre d'itérations nécessaires dans le calcul des plus courts chemins.

La commande "E. CHEMIN" entraîne la publication de tous les chemins à toutes les itérations.

On peut restreindre la publication à quelques chemins en précisant de Z3 à Z19 les centroïdes émetteurs marques "+" aux centroïdes récepteurs marqués "-".

Exemple

E. CHEMIN - 1 + 3 + 5

demande l'ensemble des chemins allant de 3 et 5 vers 1 (cf. annexe 25).

4.6. Stockage de l'affectation

On a vu que PHEDRE pouvait traiter une affectation ancienne produite par lui-même ou un autre programme. Pour stocker cette affectation en vue d'une utilisation ultérieure, on utilise la commande "GARDE". Cette sortie de résultat ne donne lieu à aucune édition, mais crée seu-

lement un fichier sur disque.

Pour réutiliser cette affectation, on utilisera la commande "DEJA" qui informe le programme de l'existence d'une affectation "déjà faite".

### 4.7. L'Etat du réseau

Pendant la lecture des données PHEDRE opère de multiples contrôles sur la cohérence de toutes ces données et éliminent ainsi toutes (?) les invraisemblances. Il peut cependant subsister des anomalies vraisemblables. La commande "TRACE" (Z3 ≠ 2) offre une description détaillée de l'état du réseau à l'issue des vérifications initiales :

- chaînons classés par noeud amont et par noeud aval
- liste des mouvements tournants et de leurs caractéristiques
- liste des sources (chaînons où il est injecté du trafic)
- liste des puits (chaînons où disparaît du trafic)

Ces éditions permettent une vérification visuelle pour la détection des erreurs dont le caractère vraisemblable n'a pu être détecté par le programme. Elle autorisent également une exploitation et une exploitation plus facile des résultats sur des grands réseaux.

Si Z3 = 2 en plus des classements précédents on a une trace pas à pas du fonctionnement des chaînons, éventuellement réduite aux seuls chaînons cités par REDUC (cf. annexe 26).

## 4.8. Editions supplémentaires accessibles par la carte '9'

En utilisant divers paramètres de la carte '9' il est possible d'obtenir quelques renseignements sur les calculs intermédiaires effectiés par PHEDRE lors de la régulation pour une dizaine de chaînons dont on devra préciser les numéros dans les paramètres 30 à 40 (voir cette carte dans le chapitre Données).

Tous ces calculs ont lieu pendant les itérations de l'affectation, on peut en demander les résultats à chaque itération (param. 44 ≠ 0) sinon impression seulement au dernier chemin.

Les valeurs imprimables sont :

- les décalages des feux (param. 45)
- la fonction retard-décalage (param. 46) avec l'arbre sur lequel elle est calculée
- les sous réseaux de chaque noeud, ce qui englobe l'ensemble des carrefours par rapport auxquels on va chercher un décalage qui minimise la somme des retards (param. 47).
- les histogrammes des chaînons. (param. 48)

Pour un cycle on calcule cinq histogrammes :

i) les entrées : c'est la somme des sorties des chaînons amonts. A la 1ère étape : calcul de l'histogramme de sortie d'un chaînon pour une arrivée plate il n'y a pas de calcul d'entrée (PHEDRE (48) = 1).

ii) les arrivées : c'est les entrées par tranche dispersées sur tout le cycle (cf. carte 9, paramètre 13 : Par défaut on prend 78 % de l'entrée calculée + le reliquat (22 %) de l'entrée de la tranche précédente).
Cet histogramme d'arrivée est ensuite recalé pour obtenir une arrivée globale sur le cycle égal au débit de saturation. Si l'arrivée est trop forte on corrige par par affinité, si elle est trop faible on ajoute un histogramme plat aux tranches non nulles.

iii) le dégagement caractérise la capacité d'écoulement du carrefour, c'est un beau rectangle qui repartit le débit de saturation sur le vert

iv) la sortie, c'est l'arrivée filtrée par le dégagement

v) la queue est le cumul des reliquats d'arrivée par rapport à la sortie, et si la sortie est supérieure à l'arrivée, on résorbe la queue.

Remarque :
Les chaînons sans feux ont une sortie non plate mais on n'en tient pas compte lors du calcul de l'arrivée des chaînons aval.

- des sous réseaux formés par l'ensemble des chaînons amonts de chacun des chaînons considérés (paramètre 49)

- les divers paramètres qui seront utilisés lors du calcul des retards, des débits et des arrêts en fonction de la queue (paramètre 50)

On trouvera des exemples de ces éditions en annexes :

Annexe 27 : paramètres 45, 46, et 47

Annexe 28 : paramètre 48 = 4 ou 1

Annexe 29 : paramètre 48 = 2

Annexe 30 : paramètres 49 et 50

## 4.9. Erreurs

Toutes les erreurs sont indiquées de l'une des façons suivantes :

soit

++++++++++++++++ e ++++++++++++++++

soit

++++++++++++++++++++++++++++++++++++ e $i_1$ $i_2$

La première indique l'erreur de numéro e, ayant lieu sur la carte de données reproduite immédiatement au dessus, dans la zone qui est au droit de e (plus exactement : l'erreur est détectée alors que l'on examine cette zone ; peut être est-elle antérieure).

La seconde indique une erreur qui survient en dehors de la lecture d'une carte. Il y a alors, en général, une information secondaire contenue en $i_1$ et $i_2$.

Le comportement de PHEDRE après une erreur est variable :

Soit il poursuit le plus loin possible (en particulier dans les données), mais annule toutes les commandes de

travail (sauf l'erreur 63) ou bien même renonce aux catégories de données ultérieures (par exemple : des erreurs dans les cartes '1', '2' et '3' rendent impossible l'analyse des autres).

Soit qu'il s'arrête net : l'erreur est trop grave (erreurs de numéro 200 et plus).

Les différents codes d'erreur sont les suivants : il est recommandé de réduire les erreurs à partir de la première qui est signalée par le programme (car il se produit parfois des erreurs en cascade, telles que les dernières apparues sont tout à fait "fictives").

2 plus de 200 noeuds annoncés.
3 plus de 600 chaînons annoncés
4 plus de 70 centroïdes annoncés.
5 heure de fin erronée.
6 cycle hors des limites 30 - 200 sec.
7 incohérence entre rouge intégral, limites de vert et cycle.
8 incohérence entre heures.
9 rouge intégral au-delà de 20 sec.
10 code carte erroné : inconnu ou erreur de séquence
11 noeud inconnu ou impossible.
12 noeud déjà décrit.
13 zone qui devrait être vide.
14 plus de 4 phases sur le noeud
15 plus de 600 phases.

16 Le chaînon $i_1$ entrant dans le noeud $i_2$ n'a pas d'aval

21 noeud interdit au blocage (sans feux ou déjà bloqué)

22 noeud origine et destination identiques.

23 chaînon déjà rencontré.

24 le chaînon $i_1$ devrait avoir un feu sur son noeud amont.

25 le chaînon $i_1$ ne devrait pas avoir de feu sur son aval

26 le chaînon $i_1$ devrait avoir un feu sur son aval.

27 numéro de phase trop grand ou négatif

28 temps de parcours hors limite (3 - 250) si N = $N_{max}$.

29 numéro de loi inconnu ou impossible

30 capacité de stockage au-delà de 2000.

31 débit de saturation mal codé.

32 pas de chaînons sur la phase $i_1$ du noeud $i_2$.

35 erreur de séquence sur le numéro de chaînon (peut provoquer toute une suite d'erreurs 41)

36 noeud amont extérieur : $i_1$ ne doit pas avoir d'amont .

38 véhicule équivalent hors limite (10 - 100 dixièmes)

39 temps de traversée hors limites (0 - 60 sec).

40 il n'y a pas de chaînons amont ; ou bien l'amont $i_2$ de $i_1$ n'a pas été décrit

41 le noeud aval de $i_1$ n'est pas le noeud amont de $i_2$

42 le noeud $i_1$ n'a aucun entrant

43 le noeud $i_1$ n'a aucun sortant.

44 le centroïde émet vers lui-même.

46 le centroïde récepteur est déjà cité.

47 centroïde inconnu ou impossible.

48 centroïde déjà cité

49 incohérence entre heures

50 % impossible (somme différente de 100, supérieure à 100)

52 erreur de séquence : changement prématuré du centroïde

53 chaînon inconnu ou impossible.

54 chaînon déjà cité.

55 le chaînon vient de l'extérieur et est puits.

56 le chaînon va vers l'extérieur et est source.

57 trop de sources (maximum 3) pour le centroïde.

58 chaînon inconnu, impossible ou lié à l'extérieur.

59 qualité du décalage hors limite (0,1 - 2)

61 le chaînon $i_1$ vient de l'extérieur et n'est pas source

62 le chaînon $i_1$ va vers l'extérieur et n'est pas puits.

63 il y a le trafic $i_2$ entre les centroïdes e et c (de e vers c) ($i_1$ = 1000.e + c) et ceux-ci sont mitoyens. Ce trafic ne sera pas affecté.

64 mauvais remplissage de la carte '8'.

65 incohérence dans la description de la loi.

69 il y a, en tout, plus de 1600 mouvements tournants.

71 il y a, en tout, plus de 300 sources.

72 il y a, en tout, plus de 300 puits.

73 Le chaînon $i_1$ annoncé comme puits est fermé.

74 Le chaînon $i_1$ annoncé comme source est fermé.

75 N° de classe de vitesse impossible

76 Tout est saturé

81 Le chaînon aval n'est pas source du centroïde décrit en Z 2

82 le chaînon aval est déjà cité.

83 numéro de puits impossible.

84 le chaînon n'est pas puits du centroïde cité en Z 2.

85 le chaînon n'est pas un aval du chaînon cité en Z 2.

86 trafics non équilibrés sur le chaînon $i_1$ ($i_2$ = entrant - sortants) ; ne sont signalés que les écarts supérieurs à 5 véhicules.

87 trafics non équilibrés sur l'ensemble du réseau (émission totale $i_1$, réception totale $i_2$). N'est signalé qu'un écart de plus de 1 %.

90* le chaînon (de la carte F) n'existe pas dans le fichier DESSIN

91* le chaînon n'est ni entrant ni sortant

92* le noeud N ne comporte que des arcs sortant vers l'extérieur (c'est à dire non dessinables).

101 carte commande inconnue.

119 l'intervalle n'est pas un nombre entier de fois dans la période ($t_H - t_F$) (pointe)

120 idem pour le creux final, ($t_F - t_3$)

202 après 50 itérations, il y a encore un résidu de $i_2$ secondes dans le calcul de la régulation du noeud $i_1$.

210 pas de chemin de $i_1$ vers $i_2$ et il y a du trafic !

211 saturation sur le chaînon $i_1$ (taux $i_2$) en heure creuse de début.

230 il n'y a pas le nombre annoncé de centroïdes. $i_2$ mais $i_1$.

231 L'heure de fin d'émission de pointe d'un centroïde est trop tardive

232 l'heure d'évaluation $t_H$ est plus tardive que le début de pointe $t_h$ d'un centroïde au moins.

234 la simulation est impossible pour le chaînon $i_1$ : le couper en deux chaînons plus courts.

* 90, 91, 92 concernent l'interface PHEDRE-DAVIS et les cartes de code F

240 la longueur du tableau d'évacuation est trop grande dès le chaînon $i_n$. Il faut en couper quelques uns : chacun y compte autant de fois que son temps de parcours est contenu dans le plus long de ses amonts, plus 2 (exemple : 3 sec. alimenté par 60 sec. compte 22 fois ; 3 sec. alimenté par 2 sec. compte 3 fois)

998 commande inconnue.

999 fin de fichier cartes.

Il existe aussi des "STOP" numérotés lors de l'impression des plus courts chemins par la commande E. CHEMIN.

STOP 934
STOP 935 } erreurs dans la suite des chaînons
STOP 945

934 il n'y a pas de chemin entre deux centroïdes

935 et 945 erreur sur le tronçon aval.

## 5 . TEMPS DE CALCUL ET PARAMETRES

Pour - un réseau moyen (Roubaix)

120 noeuds

680 chaînons

66 centroïdes

- une affectation sur 6 chemins (dont 3 avec coordination de feux)
- une simulation d'une pointe d'une heure et d'une décrue de deux heures après la pointe

le coût global est de 6 minutes qui se répartissent comme suit :

| | |
|---|---|
| . lecture et vérification des données | 28 s |
| . recherche d'un chemin | 15 s |
| . coordination des feux | 10 s |
| . 1 heure de simulation | 70 s |

Sur l'ordinateur IRIS 80 - CII de l'I.R.T. on a utilisé un Core de 123 pages virtuelles.

## EXEMPLE DE TEMPS DE CALCUL

```
 VILLE DE ROUBAIX MEDYCIS RESEAU JUIN 1980
Z: 0    1    2    3    4    5    6    7    8    9   10   11

   0  120  380   66    0    0   20   30   75   17   30   18
   8    1   25    2   25    3   25    4   25
   9   44    0   45    0   46    0   47    0   48    0   49
   9   15    1   13   98   14    1   30  414   31   14   32
   1  102    0    2
    COMMANDE
    AFFECTE
    SIMULE
    CHEMINS         6
    REGULER         4
    TEMPS
 FIN DE LECTURE
DUREE EN SECONDES :  27,874
CHEMIN = 1
DUREE EN SECONDES :  41,546
REGULA
DUREE EN SECONDES :  43,452
CHEMIN = 2
DUREE EN SECONDES :  57,740
REGULA
DUREE EN SECONDES :  59,642
CHEMIN = 3
DUREE EN SECONDES :  74,830
REGULA
DUREE EN SECONDES :  76,730
CHEMIN = 4
DUREE EN SECONDES :  91,420
REGULA
DUREE EN SECONDES :  101,454
CHEMIN = 5
DUREE EN SECONDES :  115,698
REGULA
DUREE EN SECONDES :  125,732
CHEMIN = 6
DUREE EN SECONDES :  139,460
REGULA
DUREE EN SECONDES :  149,384
 1 STATIQUE 17.30-18.30  60.00 MN. PERF  1518. SDEB  154772.
 2 AVANT    17.15-17.30  15.00 MN. PERF   268. SDEB  115455.
PERIODE
DUREE EN SECONDES :  161,384
BILAN
DUREE EN SECONDES :  232,474
 3 POINTE   17.30-18.30  60.00 MN. PERF  1418. SDEB  151197.
PERIODE
DUREE EN SECONDES :  232,680
BILAN
DUREE EN SECONDES :  370,798
 4 APRES    18.30-20.30 120.00 MN. PERF  1841. SDEB  103488.
PERIODE
DUREE EN SECONDES :  371,004
```

TABLE DES ANNEXES

1. PHEDRE Organigramme général

2. Organigramme du module d'affectation

3. Organigramme de l'affectation par équirépartition

4. Organigramme de l'affectation par quantiles

5. Affectation DAVIS / affectation PHEDRE

6. inutilisé

7. Organigramme du module de régulation

8. Influence de la régulation sur la queue à saturation

9. La courbe Queue = f( taux de saturation )

10. Organigramme du module de simulation

11. Schéma général de fonctionnement d'un chaînon

12. Longueur de queue en fonction du taux de saturation

13. Loi vitesse / débit

14. Calcul du nombre d'arrêts

15. Exemple de fichier données

16. Exemple de fichier de commandes

17. Edition minimale

18. Exemple de bilan détaillé

19. Exploitation chronologique du fichier DESSIN

20. Exemple de données pour utiliser un fichier DESSIN dans l'interface PHEDRE / DAVIS

21. Exemple de fichier données pour la visualisation par DAVIS

22. Représentation des centroïdes sur le dessin du réseau

23. Exemple de dessin d'un réseau

24. Exemple d'édition obtenue par les commandes E.CHEMIN et PASCAL

25. Résultats de l'écrètement pour les 3 chemins successifs d'une affectation en 3 étapes

26. Edition obtenue par la commande TRACE

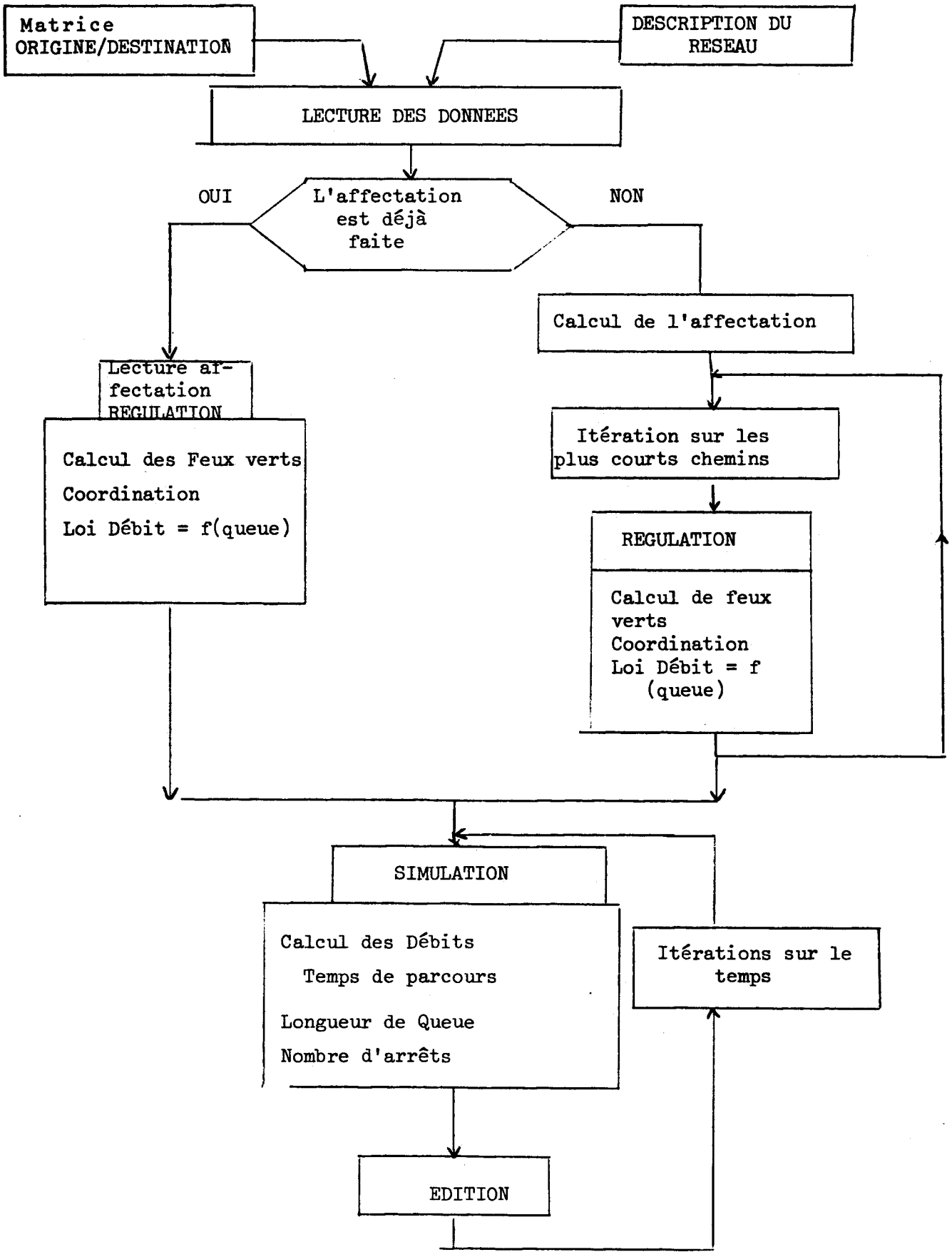
27. Editions avec la carte de code '9' , paramètres 45,46,47

28. Histogrammes obtenus avec la carte '9' paramètre 48 = 4 ou 1

29. Histogrammes obtenus avec paramètre 48 = 2

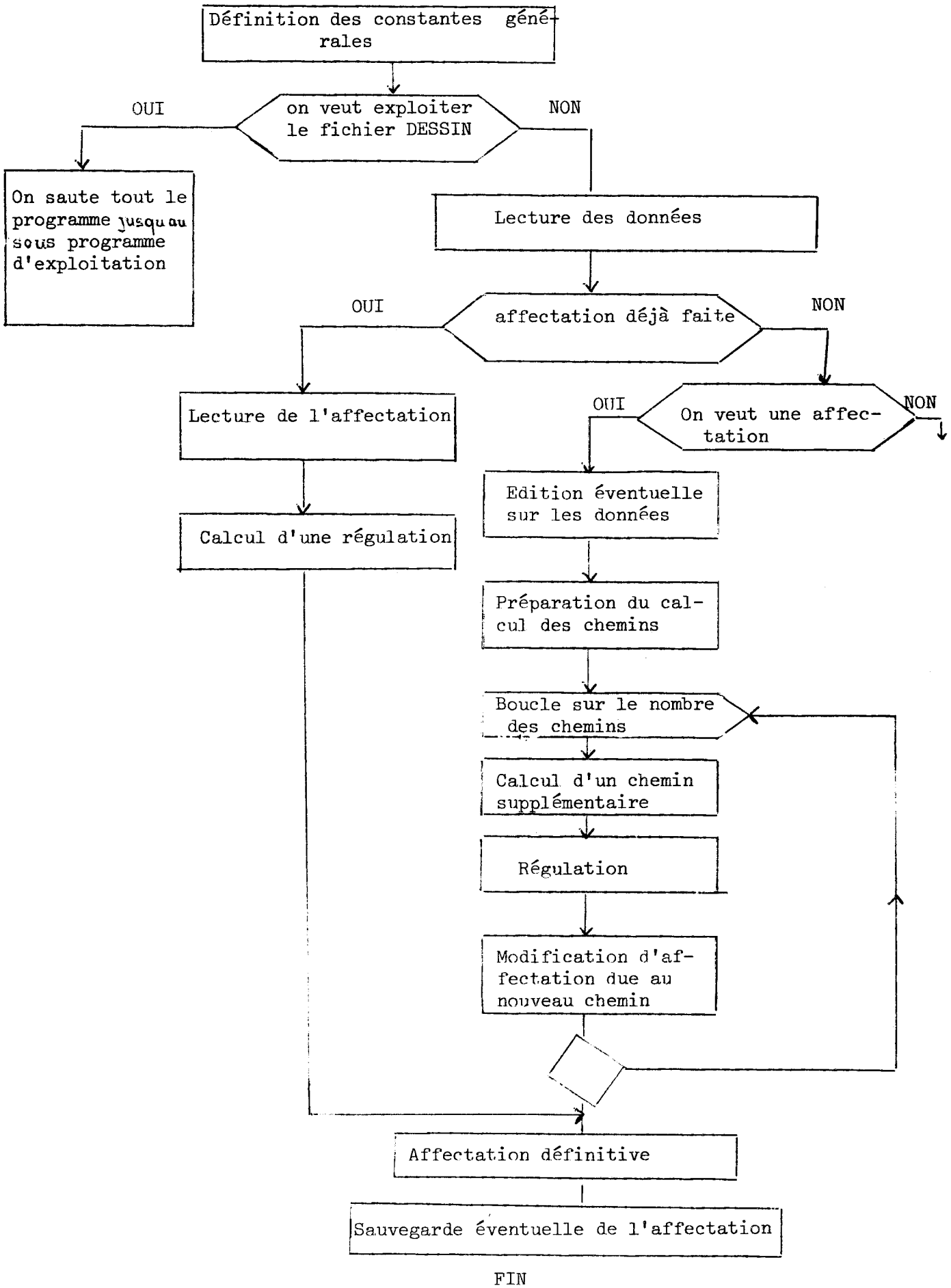
ANNEXE 1

PHEDRE. Organigramme Générale

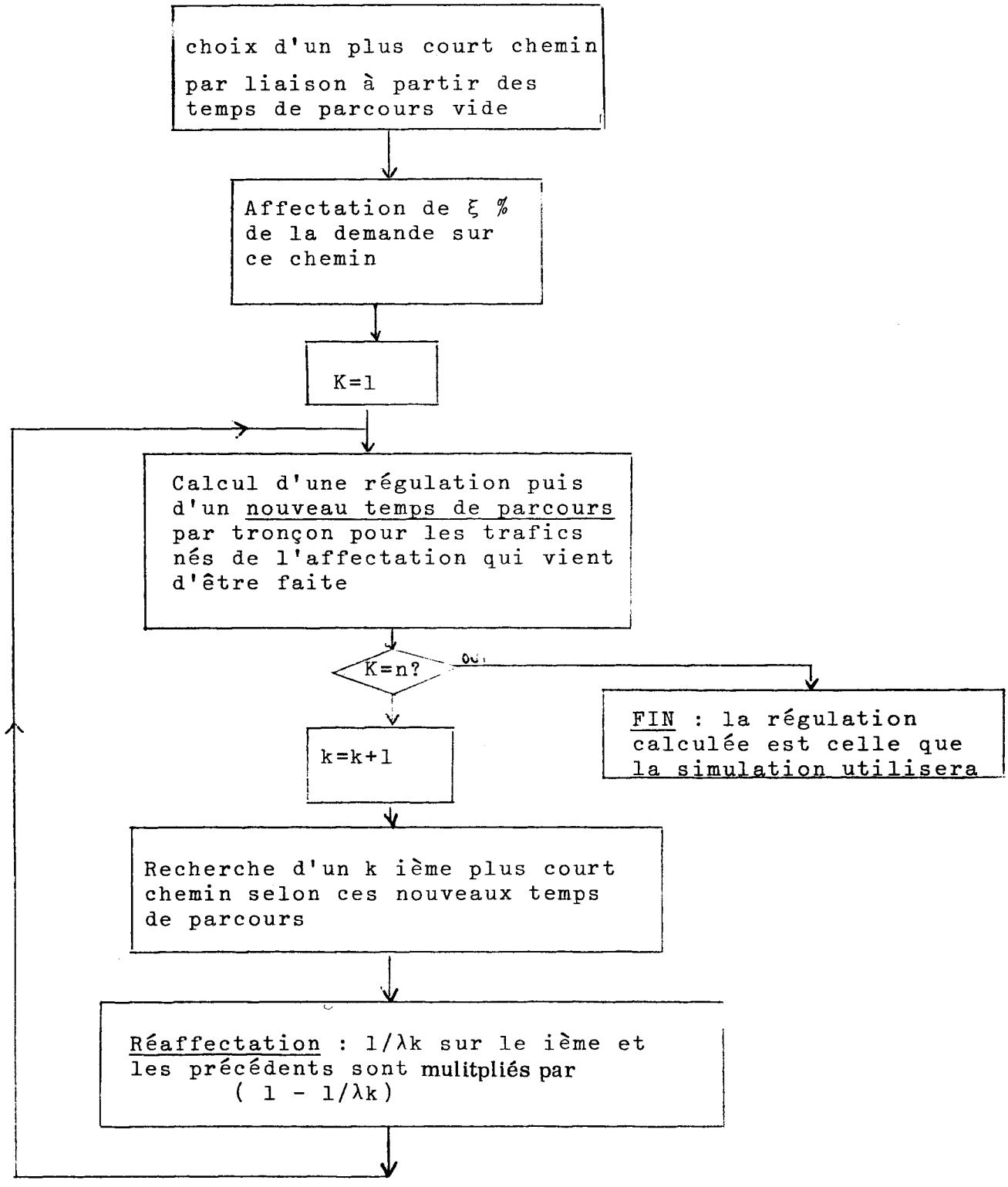


ANNEXE 2 : Organigramme général du module d'affectation

(qui contient aussi la lecture et vérification des données)

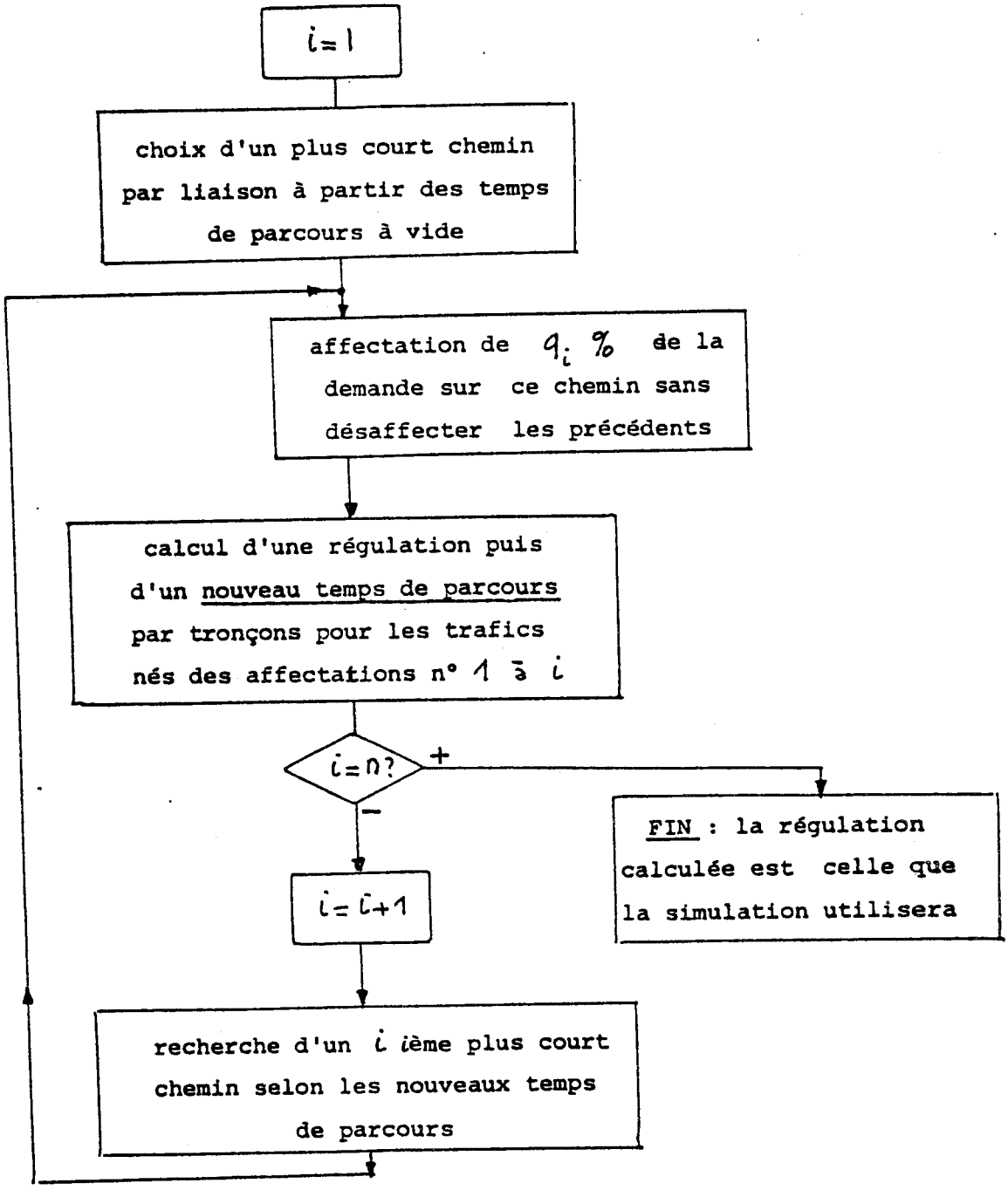


ANNEXE 3 Organigramme de l'affectation par équirépartition


choix d'un plus court chemin par liaison à partir des temps de parcours vide
Affectation de ξ % de la demande sur ce chemin
K=1
Calcul d'une régulation puis d'un nouveau temps de parcours par tronçon pour les trafics nés de l'affectation qui vient d'être faite
K=n?
OUI
FIN : la régulation calculée est celle que la simulation utilisera
k=k+1
Recherche d'un k ième plus court chemin selon ces nouveaux temps de parcours
Réaffectation : 1/λk sur le ième et les précédents sont mulitpliés par ( 1 - 1/λk)

ANNEXE 4

# AFFECTATION PAR QUANTILES


i = 1
choix d'un plus court chemin par liaison à partir des temps de parcours à vide
affectation de $q_i$ % de la demande sur ce chemin sans désaffecter les précédents
calcul d'une régulation puis d'un nouveau temps de parcours par tronçons pour les trafics nés des affectations n° 1 à i
i = n ?
+
FIN : la régulation calculée est celle que la simulation utilisera
−
i = i+1
recherche d'un i ième plus court chemin selon les nouveaux temps de parcours

ANNEXE 5 : DAVIS-PHEDRE : récupération d'une affectation

Résultat de l'affectation DAVIS (sortie spéciale

| N° d'arc | Noeud d'origine | Noeud Destination | Mouvements tournants Noeud Aval & charge | Charge globale |
|---|---|---|---|---|

Affectation demandée pour PHEDRE

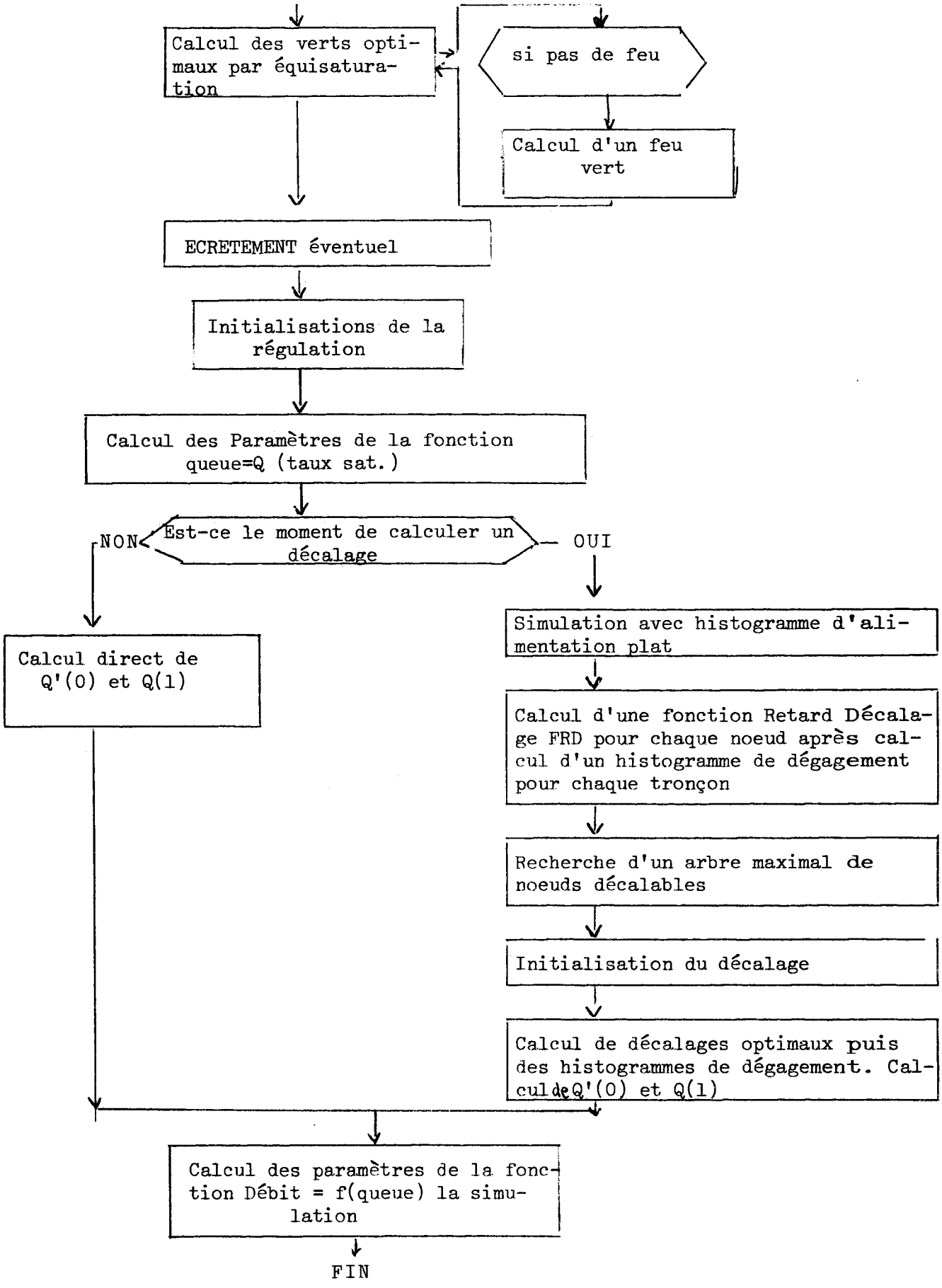
| N° d'Arc ou centroïde émetteur | N° Arc ou centroïde récepteur | Charge du mouvement tournant | N° Arc ou centroïde récepteur | Charge du mouvement tournant |
|---|---|---|---|---|

Au sens de PHEDRE, les noeuds de DAVIS sont de trois types différents : les centroïdes, les noeuds réels, les noeuds fictifs. Un noeud fictif est un noeud qui ne correspond pas un carrefour réel mais sert à injecter du trafic dans le réseau réel c'est à dire qui permet de relier les centroïdes aux rues.

Quand on identifie un noeud fictif sur un arc DAVIS (en général c'est par la numérotation) il faut déterminer les extrémités de l'arc réel qui porte ce noeud fictif l'extrémité qui n'est commune avec l'arc DAVIS, va alors remplacer le noeud fictif et permettre d'identifier Arc ou le centroïde récepteur.

ANNEXE 7. REGULATION

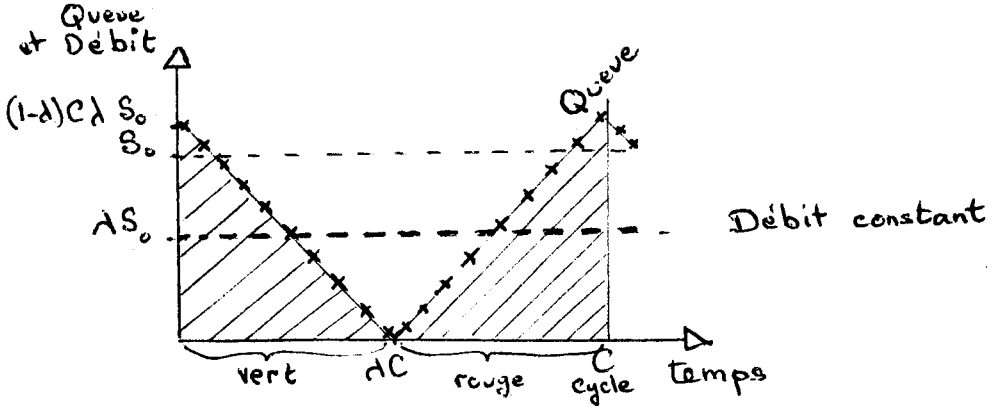
soit après avoir lu une affectation ancienne
soit après la recherche d'un nouveau plus court chemin


Calcul des verts optimaux par équisaturation
si pas de feu
Calcul d'un feu vert
ECRETEMENT éventuel
Initialisations de la régulation
Calcul des Paramètres de la fonction queue=Q (taux sat.)
Est-ce le moment de calculer un décalage
NON
OUI
Calcul direct de Q'(0) et Q(1)
Simulation avec histogramme d'alimentation plat
Calcul d'une fonction Retard Décalage FRD pour chaque noeud après calcul d'un histogramme de dégagement pour chaque tronçon
Recherche d'un arbre maximal de noeuds décalables
Initialisation du décalage
Calcul de décalages optimaux puis des histogrammes de dégagement. Calcul de Q'(0) et Q(1)
Calcul des paramètres de la fonction Débit = f(queue) la simulation
FIN

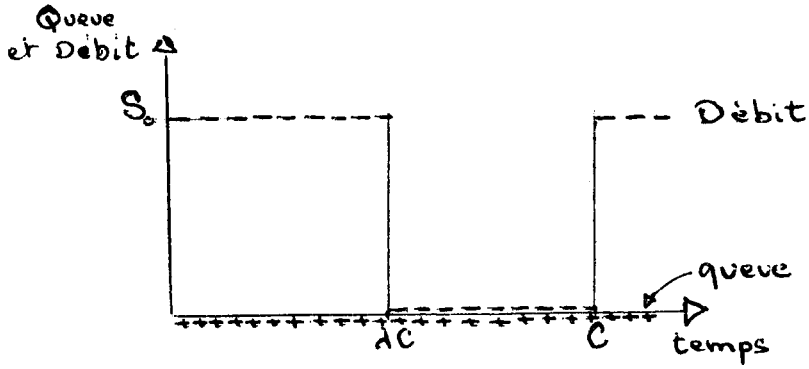
ANNEXE 8. L'INFLUENCE DE LA REGULATION SUR LA QUEUE A SATURATION

$S_o$ débit de saturation par heure de vert
$\lambda$ pourcentage de vert
C cycle

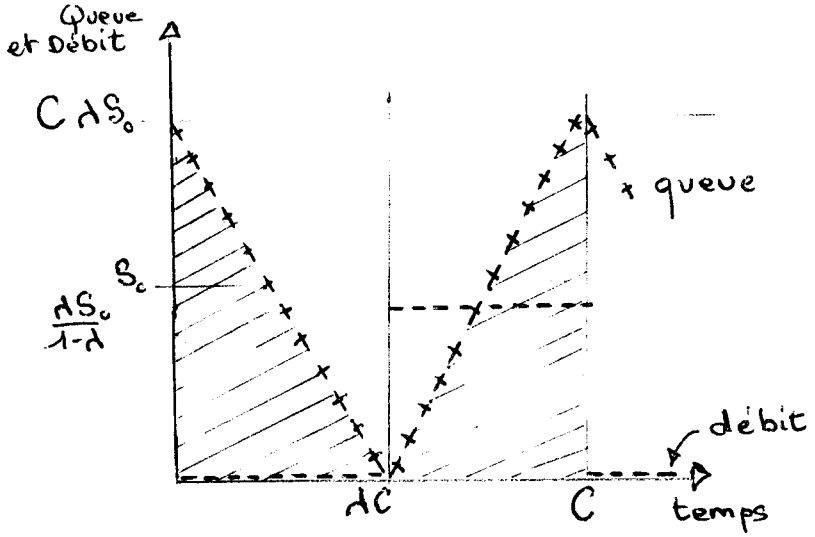
1. Il n'y a pas de régulation : La saturation est obtenue par un débit moyen constant $\lambda S_o$ qui conduit à une queue maximale en fin de rouge de $(1 - \lambda) C\lambda S_o$




2. Régulation optimale tout le trafic arrive pendant le vert, la queue reste toujours nulle

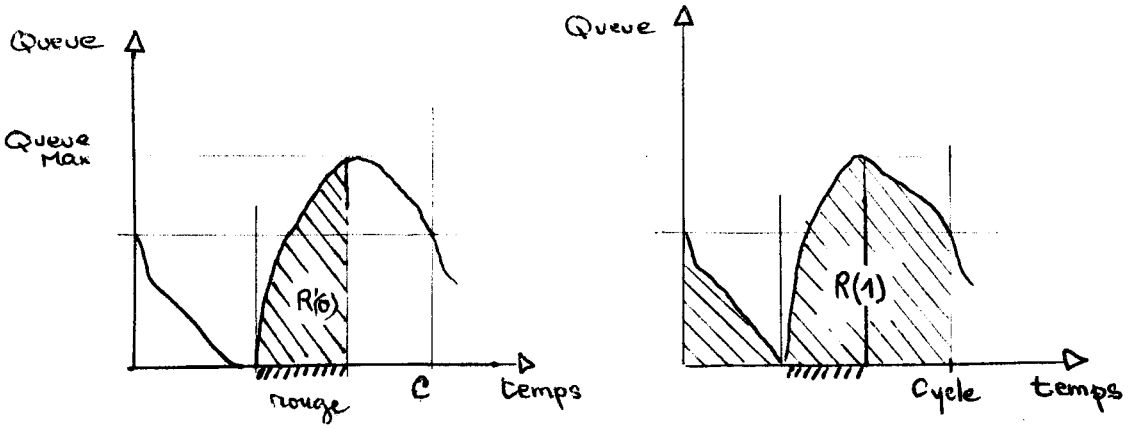



3. "antirégulation" Tout le trafic arrive pendant le rouge, la queue max. est $\lambda S_o C$.

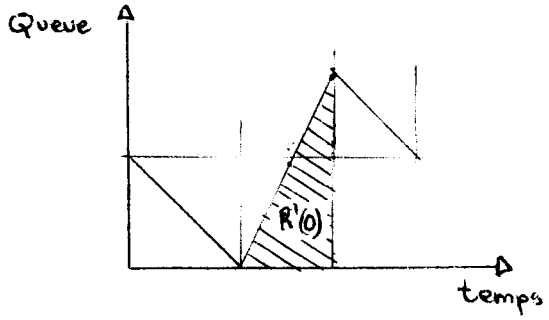


ANNEXE 9. LA COURBE QUEUE=f (taux de saturation)

1. Arrivée quelconque (juste à saturation). Calcul du Retard.




2. Si arrivée constante (juste à saturation)

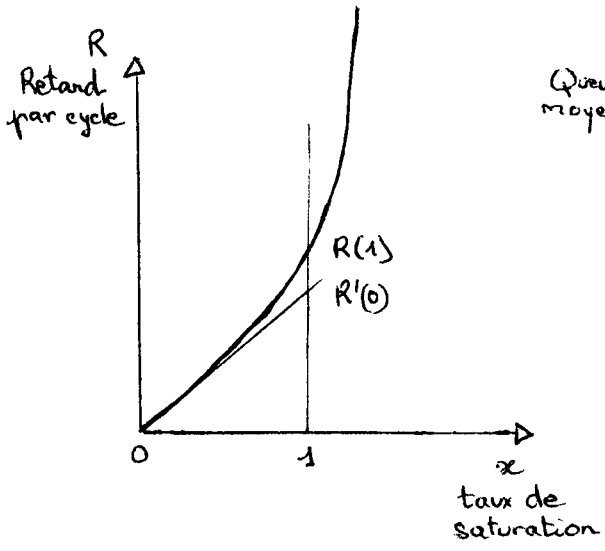


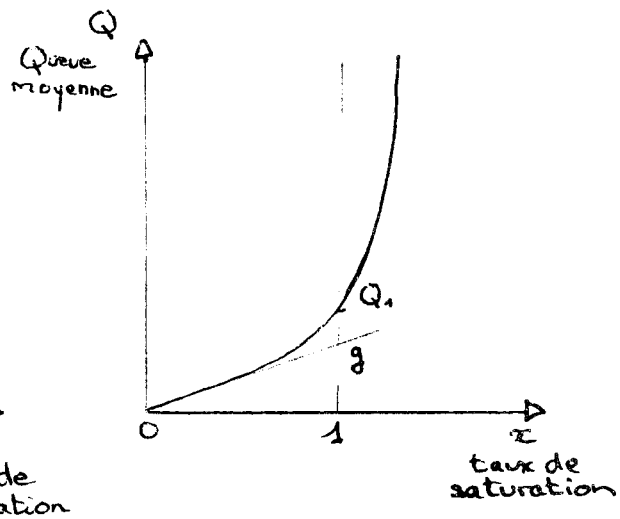

R'(0) : pente à l'origine

R(1) : retard total par cycle pour un taux de saturation égal à 1

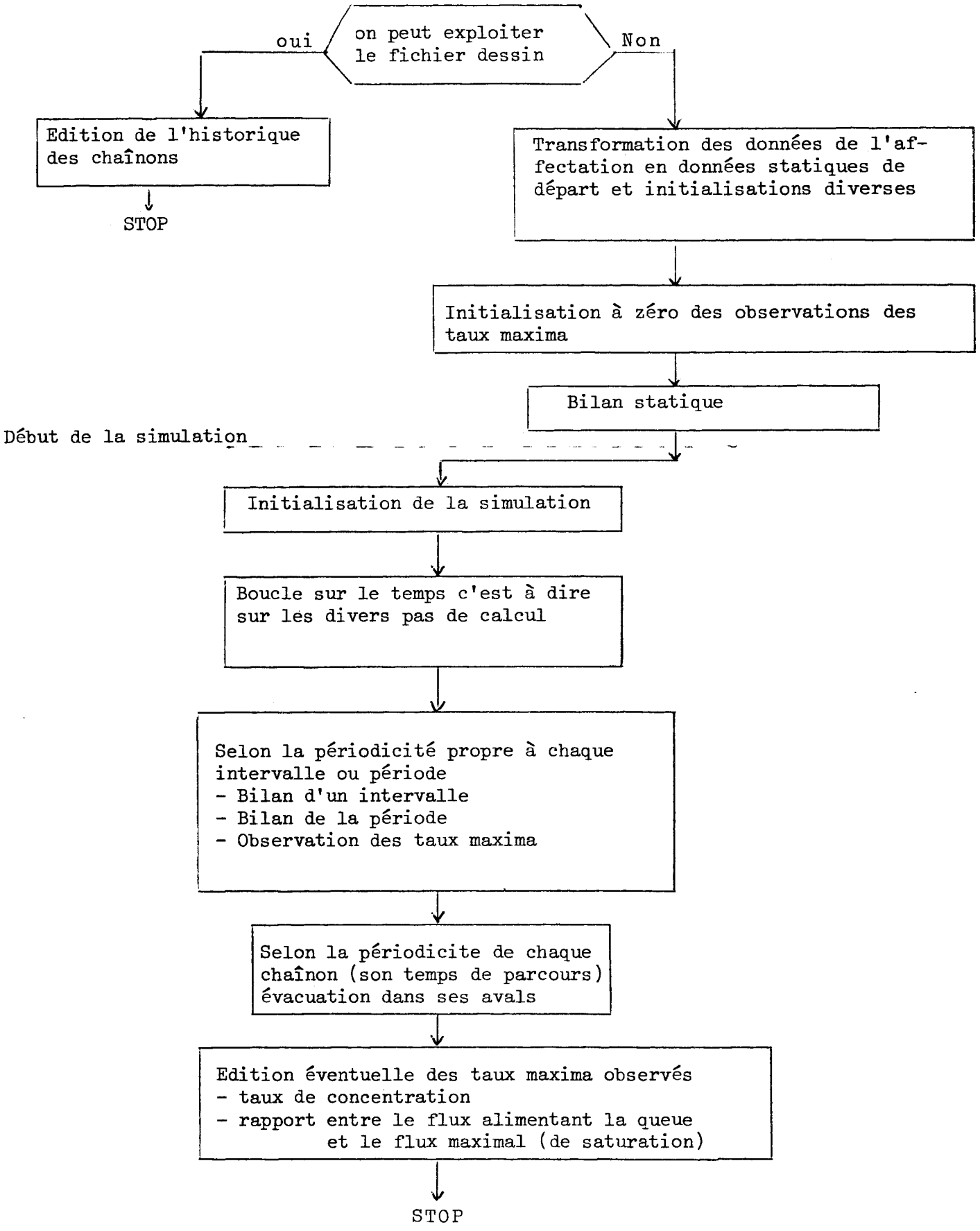
3. Retard = f (taux)

4. Queue = f (taux) = $\frac{\text{Retard}}{\text{Cycle}}$



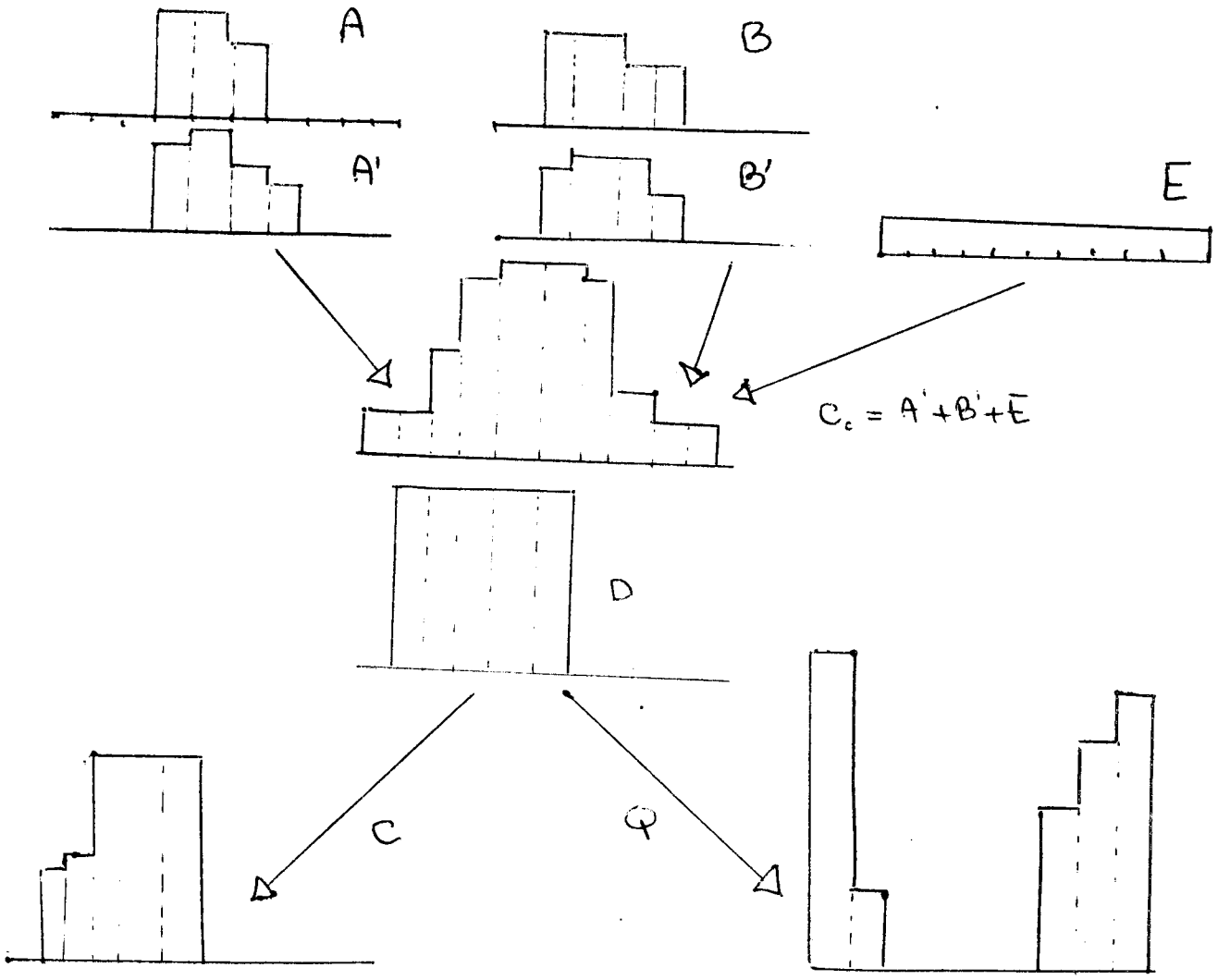



ANNEXE 10. SIMULATION


on peut exploiter le fichier dessin
oui
Non
Edition de l'historique des chaînons
STOP
Transformation des données de l'affectation en données statiques de départ et initialisations diverses
Initialisation à zéro des observations des taux maxima
Bilan statique
Début de la simulation
Initialisation de la simulation
Boucle sur le temps c'est à dire sur les divers pas de calcul
Selon la périodicité propre à chaque intervalle ou période
- Bilan d'un intervalle
- Bilan de la période
- Observation des taux maxima
Selon la périodicite de chaque chaînon (son temps de parcours) évacuation dans ses avals
Edition éventuelle des taux maxima observés
- taux de concentration
- rapport entre le flux alimentant la queue et le flux maximal (de saturation)
STOP

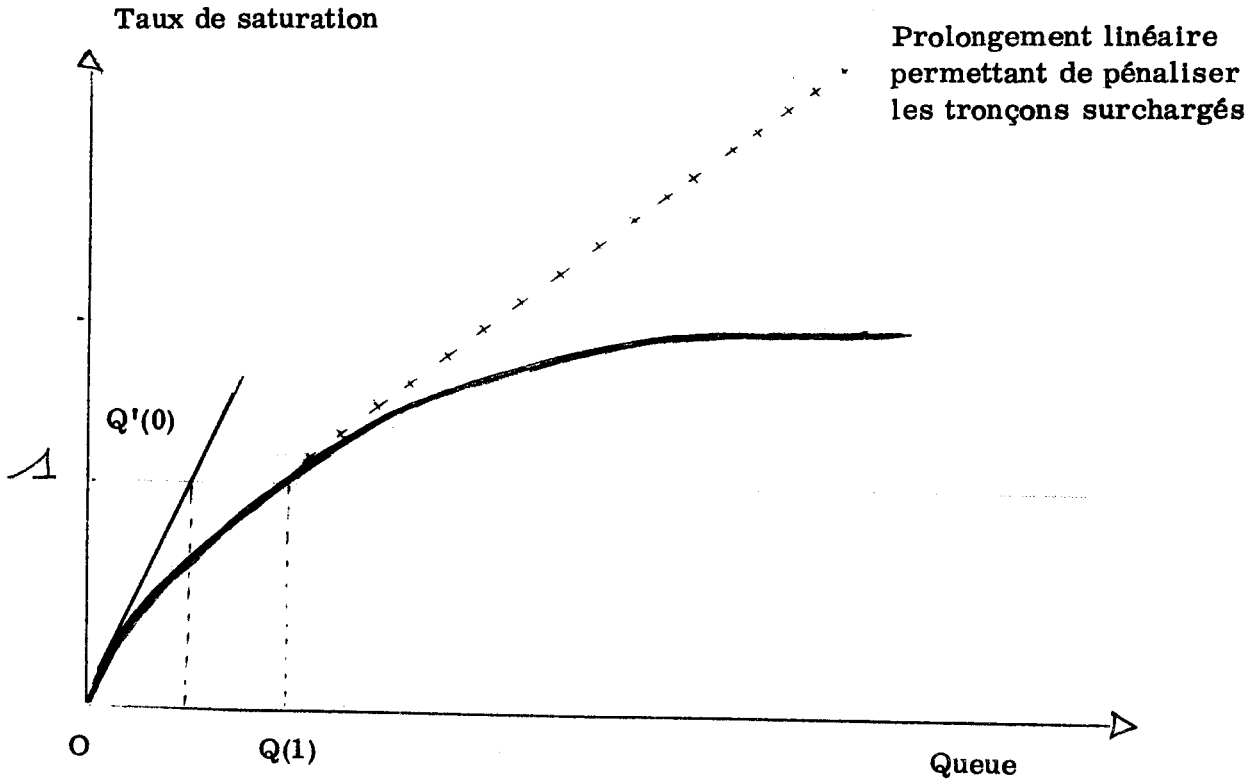
ANNEXE 11. SCHEMA GENERAL DU FONCTIONNEMENT D'UN CHAINON (POUR UN CYCLE DE 10 TRANCHES DE TEMPS).

Les chaînons A et B alimentent le chaînon C au sortir de leur ligne de feux, leurs histogrammes sont A et B ; chacun d'eux est déformé (applati par la dispersion, vide par les puits), et devient sur la ligne de feu suivante A' et B'. A ces alimentations s'ajoute une émission E, constante, fournie par les sources du chaînon. La comme constitue $C_o$ qui est filtré par l'histogramme de dégagement du feu D, et donne une sortie C et une queue Q.



A N N E X E 12

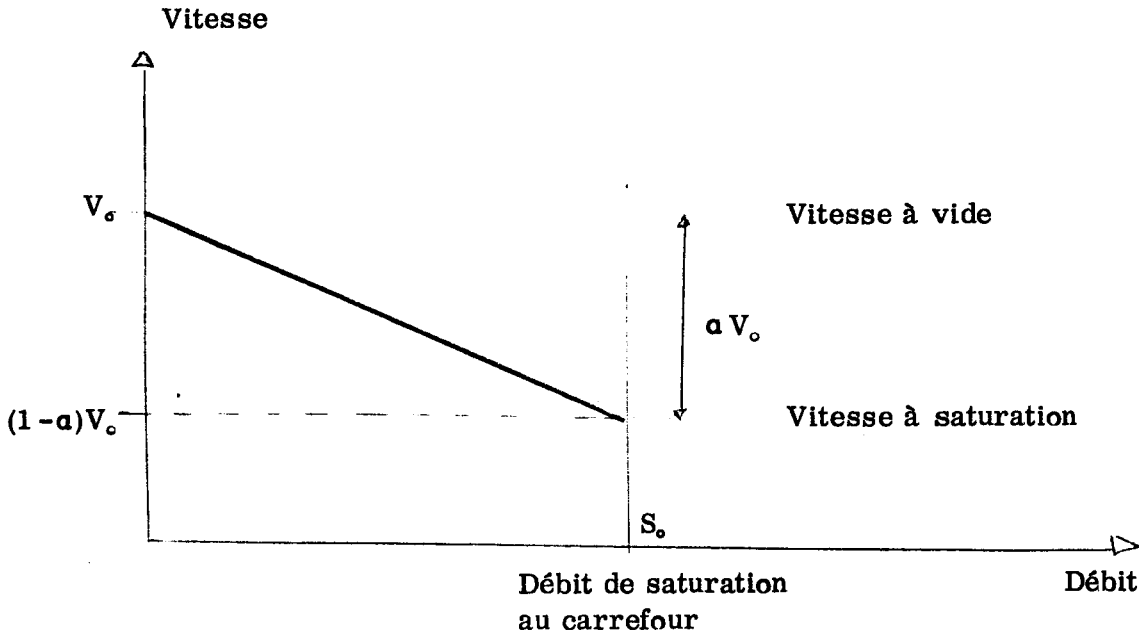
Longueur de queue d'un tronçon en fonction de son taux de saturation




Queue = Q(x)

ANNEXE 13

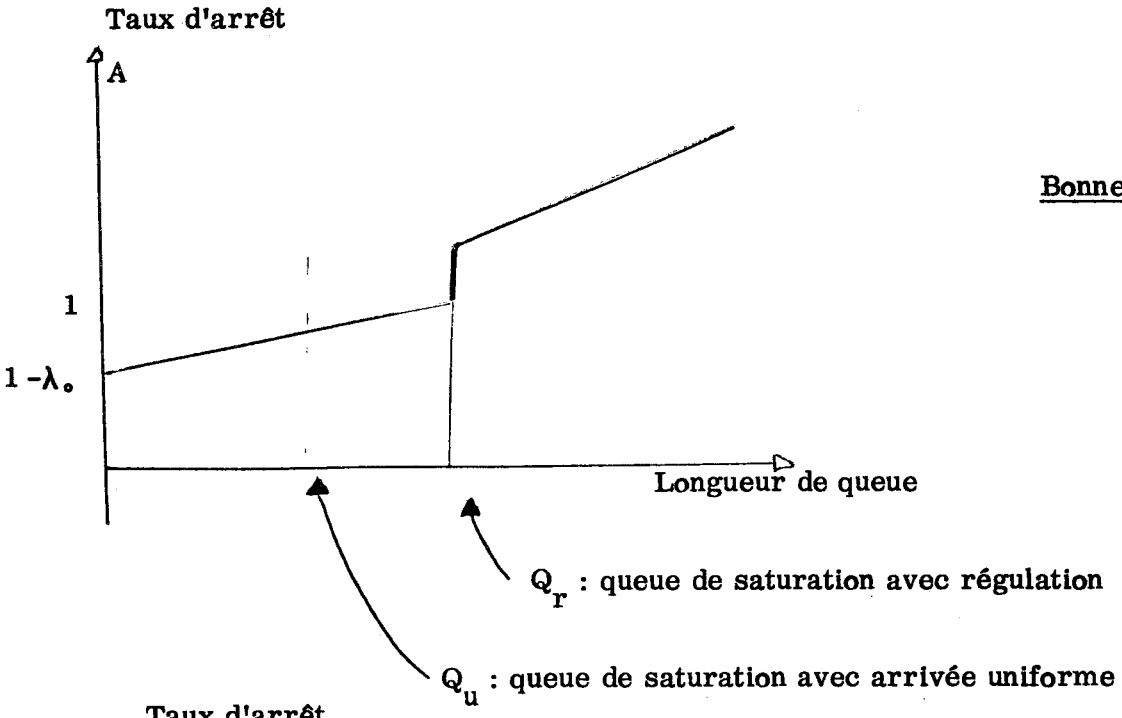
Loi Vitesse - Débit



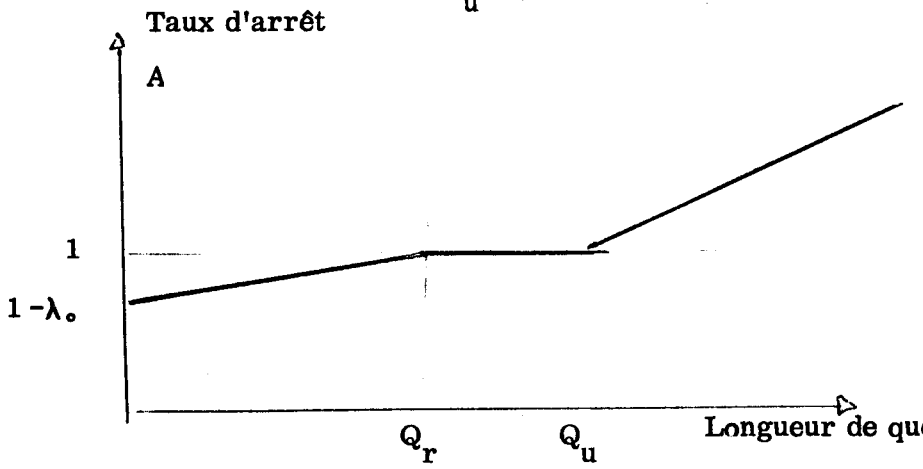

a est un paramètre caractéristique de la loi

$$V = V_o\left(1 - a\frac{\text{débit}}{\text{débit de saturation}}\right)$$

# ANNEXE 14. CALCUL DU NOMBRE D'ARRETS




**Bonne régulation**




**Mauvaise régulation**

Si $\lambda_o$ est le pourcentage d'arrivée des véhicules pendant le vert. Pour une queue Q

$$A = \begin{cases} 1 - \lambda_o \left( \frac{Q - Qr}{Q} \right) & \text{Si} \quad Q < Qr \\ \sup \left(1, \frac{1}{2} + \frac{Q}{2\,Qu}\right) & \text{si} \quad Q > Qr \end{cases}$$

ANNEXE 15 Exemple de fichier "Données"

```
00001  PETIT MORCEAU DE ROUBAIX
00002 0  15  55  10          20  30  75  17  30  18  30  75                    0
00003 8   1  01   2  01   3  01
00004 9   5   3  41   1  45   0  46   0  47   0  48   0  49   0  50   0
00005 9  13  98  14   1  30 196  31 167  32 191  33 381
00006 9  34 124  35 382  36 323  37  49  38 198  39      40
00007 1 116       2
00008 1 118       2
00009 1 162       2
00010 1 163       2
00010*  :
        :
        :
00021 1 868       2
00022 2  41      116   1  21   3  381800   0 100
00023 3  41
00024 2  42 116       1  82   1  561800     100
00025 3  42 198  10      41  11   3  49  17  18
00026 2  43 116       1  21   3  381800     100
00027 3  43  49  10     198  11   3 249  17  18
00027*  :
        :
        :
00130 2 364      362   1  18   1  161800   0
00131 3 364
00132 4  10  17  30  18  30          00   1
00133 5  10 267
00134 6  10 364
00135 7  10  11   0  12   0  42  11  43   3  72  59  73  36  74  64  75  64  76  16
00136 4  11  17  30  18  30          00   1
00137 5  11 268
00138 6  11 363
00139 7  11  10 107  12   6  42   6  43   2  72  16  73   2  74  44  75  39  76   2
00139*  :
        :
        :
00170 6  76  48   0
00171 7  76  10  25  11   2  12  23  42  12  43   4  75 350
00172 B 323 325 382 383 384
00173 B
00174 C 116 118
00175 C
00176  COMMANDE
```

## ANNEXE 16. EXEMPLE DE FICHIER DE COMMANDES

```
00001  CHEMINS    8
00002  AFFECTE
00003  SIMULE
00004  STATIQUE
00005  BILAN      2
00006  BILAN      3
EOF HIT
*
```

Résultats obtenus

- affectation sur 8 chemins
- simulation
- publication d'un bilan détaillé pour
  - . l'affectation statique
  - . la période de pointe
  - . le creux final

## ANNEXE 17. EDITION MINIMALE

CII IRIS 80 – CENTRE INFORMATIQUE RECHERCHE – INSTITUT DE RECHERCHE DES TRANSPORTS –

PETIT MORCEAU DE ROUBAIX PAGE 1

```
?: 0    1    2    3    4    5    6    7    8    9   10   11   12   13   14   15   16   17   18   19

   0   15   55   10    0    0   20   70   75   17   30   18   30   75
   1  116         2
    COMMANDE
    AFFECTE
    SIMULE
1  STATIQUE 17.30-18.30  60.00 MN. PERF   156. SDEB   16740. SLIB   101. SQUE    55. SARR    9226.SVKM
2  AVANT    17.15-17.30  15.00 MN. PERF    28. SDEB   12481. SLIB    75. SQUE    36. SARR    1417.SVKM
3  POINTE   17.30-18.30  60.00 MN. PERF   155. SDEB   16486. SLIB    99. SQUE    55. SARR    8899.SVKM
4  APRES    18.30-20.30 120.00 MN. PERF   227. SDEB   12570. SLIB    75. SQUE    33. SARR   11438.SVKM
```

Cette édition minimale a été obtenue avec les deux seules cartes de commande "AFFECTE" et "SIMULE"

Rem. : Les véhicules km sont nuls car le fichier de données ne contient pas les longueurs des tronçons et ne permet donc pas d'évaluer ce paramètre. (cf. syntaxe des cartes de code "2").

ANNEXE 18. EXEMPLE DE BILAN DETAILLE

3 PETIT MORCEAU DE ROUBAIX : DE 17.30 A 18.30 POINTE

| AV | PH | AM | CAP | TO | TM | LIBR | QUEUE | ARRT | DSAT | TXS | DEBT | AVAL | % | AVAL | % | AVAL | % | AVAL | % | AVAL | % | AVAL | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 116 | 35 | 0 | #### | 60 | 85 | .0 | 1.6 | 161 | 1800 | 34 | 235 | 118 | 100 | 261 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| | | 118 | 65 | 35 | 72 | 5.0 | 6.0 | 552 | 1800 | 91 | 587 | 261 | 74 | 0 | 0 | 0 | 26 | | | | | | |
| | 49 | 261 | 68 | 49 | 65 | 7.9 | 2.2 | 414 | 1800 | 83 | 488 | 118 | 93 | 0 | 3 | 0 | 4 | | | | | | |
| | | 0 | #### | 60 | 73 | .0 | .1 | 11 | 1800 | 3 | 28 | 118 | 0 | 261 | 100 | 0 | 0 | | | | | | |
| 118 | 61 | 116 | 65 | 35 | 45 | 6.7 | 1.4 | 277 | 1800 | 43 | 500 | 868 | 8 | 0 | 92 | | | | | | | | |
| | | 0 | #### | 60 | 69 | .0 | 1.4 | 278 | 1800 | 46 | 540 | 116 | 72 | 868 | 28 | | | | | | | | |
| | 23 | 868 | 100 | 54 | 88 | 6.8 | 1.6 | 119 | 1800 | 47 | 170 | 116 | 74 | 0 | 26 | | | | | | | | |
| 162 | 38 | 362 | 51 | 28 | 50 | 3.7 | 2.9 | 369 | 1800 | 68 | 478 | 865 | 75 | 868 | 25 | | | | | | | | |
| | | 868 | 21 | 12 | 359 | 2.4 | 58.7 | 4347 | 1800 | 100 | 610 | 362 | 24 | 865 | 26 | 0 | 50 | | | | | | |
| | 46 | 865 | 30 | 16 | 134 | 3.5 | 24.8 | 2387 | 1800 | 99 | 754 | 362 | 28 | 868 | 6 | 0 | 66 | | | | | | |
| | | 0 | #### | 60 | 85 | .0 | 4.7 | 601 | 1800 | 82 | 689 | 362 | 5 | 865 | 81 | 868 | 14 | | | | | | |
| 163 | 74 | 260 | 22 | 30 | 33 | 4.7 | .4 | 169 | 1800 | 39 | 564 | 840 | 3 | 865 | 97 | | | | | | | | |
| | | 865 | 28 | 15 | 21 | 5.0 | 2.0 | 884 | 1800 | 85 | 1211 | 260 | 67 | 840 | 33 | | | | | | | | |
| | 10 | 840 | 63 | 200 | 269 | 2.8 | 1.0 | 45 | 1800 | 43 | 50 | 260 | 0 | 865 | 100 | | | | | | | | |
| 258 | 60 | 259 | 18 | 13 | 16 | 2.7 | .6 | 414 | 1800 | 64 | 749 | 261 | 71 | 844 | 0 | 0 | 29 | | | | | | |
| | | 261 | 35 | 25 | 35 | 3.9 | 1.5 | 304 | 1800 | 48 | 558 | 259 | 64 | 844 | 35 | 0 | 1 | | | | | | |
| | 24 | 0 | #### | 60 | 102 | .0 | 3.6 | 268 | 1800 | 70 | 306 | 259 | 0 | 261 | 0 | 844 | 100 | | | | | | |
| 259 | 56 | 260 | 3 | 10 | 23 | 2.3 | 2.9 | 759 | 1800 | 92 | 840 | 258 | 32 | 0 | 68 | | | | | | | | |
| | | 0 | #### | 60 | 209 | .0 | 44.2 | 5210 | 1800 | 100 | 1069 | 258 | 45 | 260 | 55 | | | | | | | | |
| | 28 | 258 | 18 | 13 | 151 | 1.3 | 12.8 | 908 | 1800 | 99 | 335 | 260 | 8 | 0 | 92 | | | | | | | | |
| | | 0 | #### | 60 | 100 | .0 | .1 | 8 | 1800 | 1 | 11 | 258 | 0 | 260 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| 260 | -90 | 163 | 33 | 18 | 28 | 4.1 | 2.2 | 492 | 1800 | 61 | 809 | 259 | 99 | 844 | 1 | | | | | | | | |
| | | 259 | 18 | 10 | 18 | 1.7 | 1.4 | 307 | 1800 | 46 | 614 | 163 | 92 | 844 | 8 | | | | | | | | |
| | | 841 | 53 | 38 | 39 | 4.8 | .2 | 80 | 1800 | 25 | 451 | 259 | 9 | 844 | 91 | | | | | | | | |
| 261 | 74 | 116 | 65 | 49 | 51 | 6.3 | .4 | 180 | 1800 | 38 | 561 | 258 | 100 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| | | 258 | 35 | 25 | 28 | 3.7 | .4 | 97 | 1800 | 36 | 531 | 116 | 100 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| | 10 | 0 | #### | 60 | 112 | .0 | .8 | 49 | 1800 | 30 | 54 | 116 | 100 | 258 | 0 | | | | | | | | |
| 362 | -48 | 162 | 51 | 28 | 47 | 3.0 | 2.0 | 251 | 1800 | 42 | 391 | 0 | 64 | 0 | 36 | | | | | | | | |
| | | 0 | #### | 60 | 80 | .0 | 1.6 | 197 | 1800 | 49 | 291 | 162 | 52 | 0 | 48 | | | | | | | | |
| | | 0 | #### | 60 | 78 | .0 | 1.6 | 201 | 1800 | 34 | 328 | 162 | 100 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| 840 | 74 | 163 | 63 | 46 | 48 | 5.3 | .2 | 97 | 1800 | 28 | 416 | 841 | 0 | 0 | 100 | | | | | | | | |
| | | 0 | #### | 60 | 63 | .0 | .4 | 149 | 1800 | 37 | 503 | 163 | 10 | 841 | 90 | | | | | | | | |
| | 10 | 841 | 33 | 24 | 24 | .0 | .0 | 0 | 1800 | 0 | 0 | 163 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| 841 | -90 | 840 | 33 | 24 | 25 | 3.0 | .2 | 74 | 1800 | 25 | 452 | 260 | 100 | | | | | | | | | | |
| | | 0 | #### | 60 | 60 | .0 | .0 | 0 | 1[illegible] | | 0 | 260 | 0 | 840 | 0 | | | | | | | | |
| [illegible]4 | -90 | 258 | 18 | 10 | 23 | 1.4 | [illegible] | 304 | [illegible] | | [illegible] | 867 | | | | | | | | | | | |
| | | [illegible]2 | [illegible] | 25 | 22 | 25 | 2.9 | | | | | | | | | | | | | | | | |

EXEMPLE 19. EXPLOITATION CHRONOLOGIQUE DU FICHIER DESSIN

```
EXECUTION F4LIB VERSION V11-02 15*48*27*                                    PAGE  1
  EXPLOITATION DU DESSIN
Z: 0    1    2    3    4    5    6    7    8    9   10   11   12   13   14   15   16   17   18   19

   E   15
   E    1    2    3
   E
  T  AV  AM CAPA TO      DSAT
 21   1   2 100  27      3600
+--+---+---+---+---+---+----+-----------------------------+
! N!ARR!LIB!QUE! TM! TX!DEBT!  14! 201!   0!   0!   0!   0!
+--+---+---+---+---+---+----+----+----+----+----+----+----+
! 1!201!  2!  2! 53! 29! 300!   0! 300!   0!   0!   0!   0!
! 2! 34!  1!  1! 51! 21! 209!   0! 209!   0!   0!   0!   0!
! 3!193!  2!  2! 53! 28! 289!   0! 289!   0!   0!   0!   0!
+--+---+---+---+---+---+----+----+----+----+----+----+----+
  T  AV  AM CAPA TO      DSAT
101   1   0**** 60      3600
+--+---+---+---+---+---+----+-----------------------------+
! N!ARR!LIB!QUE! TM! TX!DEBT!  14!   0!   0!   0!   0!   0!
+--+---+---+---+---+---+----+----+----+----+----+----+----+
! 1!390!  0!  2! 74! 39! 700! 700!   0!   0!   0!   0!   0!
! 2! 61!  0!  1! 72! 27! 490! 490!   0!   0!   0!   0!   0!
! 3!392!  0!  2! 74! 39! 699! 699!   0!   0!   0!   0!   0!
+--+---+---+---+---+---+----+----+----+----+----+----+----+
  T  AV  AM CAPA TO      DSAT
 32   2   3 100  27      3600
+--+---+---+---+---+---+----+-----------------------------+
! N!ARR!LIB!QUE! TM! TX!DEBT!  21!  24!  25!   0!   0!   0!
+--+---+---+---+---+---+----+----+----+----+----+----+----+
! 1!552!  5!  4! 52! 71! 700!  98! 182! 420!   0!   0!   0!
! 2! 82!  3!  2! 48! 49! 490!  69! 127! 294!   0!   0!   0!
! 3!549!  5!  4! 52! 70! 697!  98! 181! 418!   0!   0!   0!
+--+---+---+---+---+---+----+----+----+----+----+----+----+
  T  AV  AM CAPA TO      DSAT
 42   2   4 100  27      3600
+--+---+---+---+---+---+----+----------  ----------------
  N!ARR!LIB!QUE! TM! TX!DEBT!  25!   0          0!   0!
  -+--   --+---+---+---+----+----+--                --+----+-
   1         !  0! 27!        0!   0!                 !   0!
             !  0!  0          !   0
```

ANNEXE 20. DONNEES POUR UTILISER UN FICHIER DESSIN DANS L'INTERFACE PHEDRE-DAVIS

```
00001  DESSIN DE ROUBAIX  FICHIER 1975
00002 F    7  12
00003 F 345  60 346  59 347  58 348  57 349  56 350  55 351  54 352  53
00004 F 353  52 354  20 355  19 356  18 357  17 358  16 359  15 360  14
00005 F 361  13 362  12 363  11 364  10 365   9 366  67 367   8 368   7
00006 F 369   6 370   5 371   3 372   4 373   2 374   1 375  65 376  66
00007 F 377  63 378  62 379  61 391  64
00008 F   2  60   6  59  10  57  16  56  22  54  26  52  46  13  52  15
00009 F  54  16  58  14  59  17  62  18  65  19 119  12 128   9 132   8
00010 F 140   7 151  61 155  64 163  65 164  66 217   1 223   6 227   5
00011 F 230   4 231   3 233   2 237  20 267  11 268  10 270  67 280  62
00012 F 315  58 336  53
00013 F
EOF HIT
```

## ANNEXE 21 . FICHIER DONNEES POUR VISUALISATION PAR DAVIS

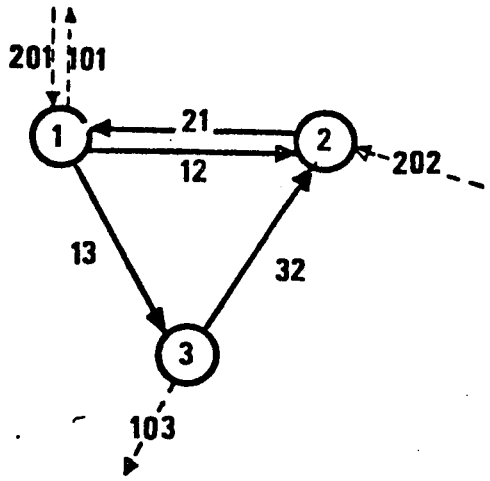
```
00001  115 118  55 232  26 275  -7 357    1 337                                  8
00002  162 164-167 321-141 238-240  96                                          8
00003  173 173-209  77                                                          8
00004  251 251-104  27                                                          8
00005  253 253 -22  72                                                          8
00006  257 261 -36 190 -90 188-111 176-124 197 -55 219                          8
00007  323 323  88 323                                                          8
00008  362 362-235 294                                                          8
00009  840 841-200 153-150 150                                                  8
00010  844 844 -90 240                                                          8
00011  865 865-154 280                                                          8
00012  867 868 -90 282 -90 327                                                  8
00013 10991100 300 290 290 300                                                  8
00014  910 912-235 400-300 294-167 400                                         8
00015 INITIALISATION
00016 NUMERO
00017 FLOTS
00018 DESSIN RESEAU
00019 TITRE DESSIN                          ROUBAIX
00020 TRAITEMENT          FIN
```

Structure des coordonnées.

La lère ligne donne les coordonnées des noeuds de numéros consécutifs 115 à 118 de la manière suitante :

| n°de Noeud | X | Y |
|---|---|---|
| 115 | 55 | 232 |
| 116 | 26 | 275 |
| 117 | -7 | 357 |
| 118 | 1 | 237 |

ANNEXE 22. REPRESENTATION DES CENTROIDES SUR LE DESSIN DU RESEAU.




Réseau figuré selon PHEDRE

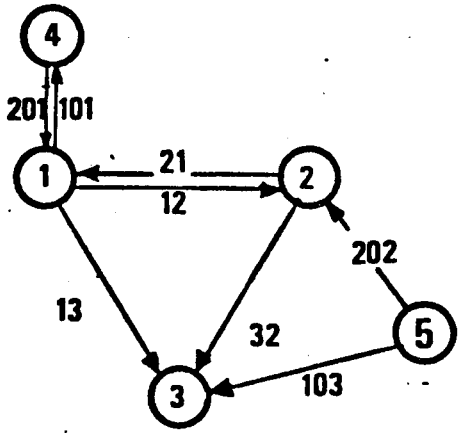
---

Données

```
TITRE
F  2
F 201  4 101  4 103  5 202  5
F
```

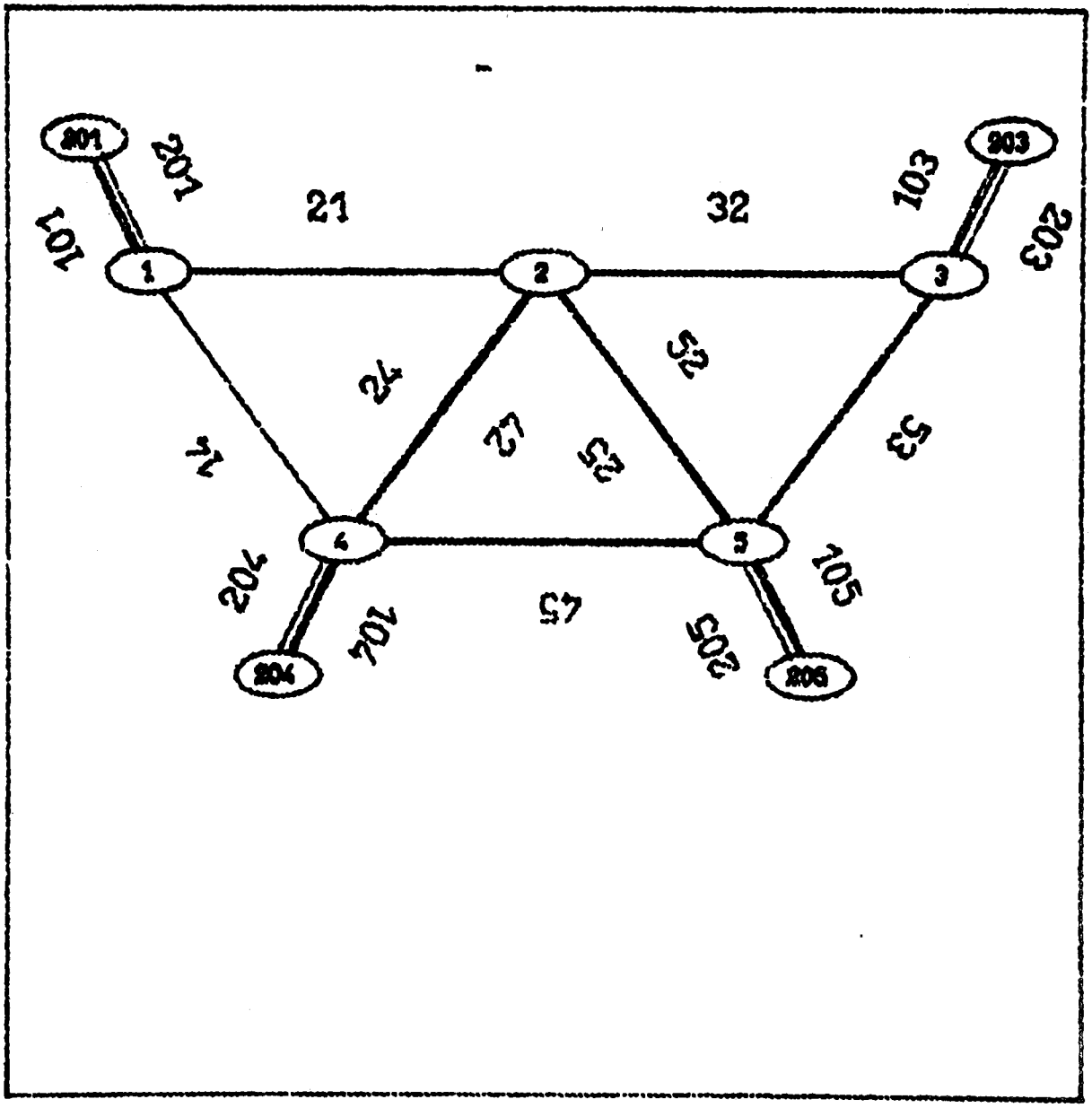
---

Réseau complété




---

# ANNEXE 23. DESSIN DU RESEAU MICROBE



ANNEXE 24. EDITION OBTENUE AVEC LES COMMANDES :

E. CHEMIN

PASCAL

```
CHEMIN NUMERO  1.

 1-  3:  156    1    4    5    3    0
 1-  4:   57    1    4    0
 1-  5:  104    1    4    5    0
 3-  1:   94    3    2    1    0
 3-  4:  116    3    2    4    0
 3-  5:  113    3    2    5    0
 4-  1:  144    4    5    2    1    0
 4-  3:  114    4    5    3    0
 4-  5:   62    4    5    0
 5-  1:  100    5    2    1    0
 5-  3:   67    5    3    0
 5-  4:  102    5    2    4    0
      68 PAS.

CHEMIN NUMERO  2.

 1-  3:  203    1    4    5    3    0
 1-  4:   79    1    4    0
 1-  5:  126    1    4    5    0
 3-  1:  142    3    2    1    0
 3-  4:  151    3    2    4    0
 3-  5:  135    3    2    5    0
 4-  1:  190    4    5    2    1    0
 4-  3:  139    4    5    3    0
 4-  5:   62    4    5    0
 5-  1:  146    5    2    1    0
 5-  3:   92    5    3    0
 5-  4:  135    5    2    4    0
      68 PAS.

CHEMIN NUMERO  3.

 1-  3:  192    1    4    5    3    0
 1-  4:   61    1    4    0
 1-  5:  115    1    4    5    0
 3-  1:  144    3    2    1    0
 3-  4:  152    3    2    4    0
 3-  5:  175    3    2    4    5    0
 4-  1:  201    4    5    2    1    0
 4-  3:  146    4    5    3    0
 4-  5:   69    4    5    0
 5-  1:  150    5    2    1    0
 5-  3:   92    5    3    0
 5-  4:  138    5    2    4    0
      69 PAS.
```

Explication

Pour aller du centroïde n° 1 au centroïde n° 3, le premier chemin trouvé a un coût de 156 et il passe par les noeuds 1, 4, 5 et 3.

# ANNEXE 25. RESULTATS DE L'ECRETEMENT POUR LES 3 CHEMINS SUCCESSIFS D'UNE AFFECTATION EN 3 ETAPES

MICROBE : FICHIER A USAGE DE MISE AU POINT

| TR | NAMN | NAVA | DSAT | DINIT | EXCES | ECRET | DNOUV |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | 2 | 1 | 1019 | 360 | 0 | 0 | 360 |
| 101 | 0 | 1 | 1799 | 840 | 0 | 0 | 840 |
| 32 | 3 | 2 | 999 | 840 | 0 | 0 | 840 |
| 42 | 4 | 2 | 3600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 52 | 5 | 2 | 431 | 360 | 0 | 0 | 360 |
| 103 | 0 | 3 | 1799 | 840 | 0 | 0 | 840 |
| 53 | 5 | 3 | 1223 | 360 | 0 | 0 | 360 |
| 14 | 1 | 4 | 1504 | 840 | 0 | 0 | 840 |
| 24 | 2 | 4 | 917 | 240 | 0 | 0 | 240 |
| 104 | 0 | 4 | 1529 | 840 | 0 | 0 | 840 |
| 25 | 2 | 5 | 791 | 600 | 0 | 0 | 600 |
| 45 | 4 | 5 | 2062 | 1560 | 0 | 0 | 1560 |
| 105 | 0 | 5 | 2632 | 360 | 0 | 0 | 360 |

MICROBE : FICHIER A USAGE DE MISE AU POINT

| TR | NAMN | NAVA | DSAT | DINIT | EXCES | ECRET | DNOUV |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | 2 | 1 | 1019 | 450 | 0 | 19 | 431 |
| 101 | 0 | 1 | 1799 | 1050 | 0 | 0 | 1050 |
| 32 | 3 | 2 | 999 | 1050 | 51 | 0 | 1050 |
| 42 | 4 | 2 | 3600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 52 | 5 | 2 | 432 | 450 | 18 | 0 | 450 |
| 103 | 0 | 3 | 1799 | 1050 | 0 | 0 | 1050 |
| 53 | 5 | 3 | 1223 | 450 | 0 | 0 | 450 |
| 14 | 1 | 4 | 1505 | 1050 | 0 | 0 | 1050 |
| 24 | 2 | 4 | 917 | 300 | 0 | 13 | 287 |
| 104 | 0 | 4 | 1529 | 1050 | 0 | 0 | 1050 |
| 25 | 2 | 5 | 791 | 750 | 0 | 36 | 714 |
| 45 | 4 | 5 | 2062 | 1950 | 0 | 0 | 1950 |
| 105 | 0 | 5 | 2632 | 450 | 0 | 0 | 450 |

MICROBE : FICHIER A USAGE DE MISE AU POINT

| TR | NAMN | NAVA | DSAT | DINIT | EXCES | ECRET | DNOUV |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | 2 | 1 | 1019 | 450 | 0 | 17 | 433 |
| 101 | 0 | 1 | 1799 | 1050 | 0 | 0 | 1050 |
| 32 | 3 | 2 | 1018 | 1050 | 32 | 0 | 1050 |
| 42 | 4 | 2 | 3600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 52 | 5 | 2 | 432 | 450 | 18 | 0 | 450 |
| 103 | 0 | 3 | 1799 | 1050 | 0 | 0 | 1050 |
| 53 | 5 | 3 | 1223 | 450 | 0 | 0 | 450 |
| 14 | 1 | 4 | 1505 | 1050 | 0 | 0 | 1050 |
| 24 | 2 | 4 | 755 | 467 | 0 | 16 | 451 |
| 104 | 0 | 4 | 1529 | 1050 | 0 | 0 | 1050 |
| 25 | 2 | 5 | 611 | 583 | 0 | 18 | 566 |
| 45 | 4 | 5 | 2215 | 2117 | 0 | 0 | 2117 |
| 105 | 0 | 5 | 2801 | 450 | 0 | 0 | 450 |

TR : numéro du tronçon

NAMN : noeud amont

NAVA : noeud aval

DSAT : débit de saturation

DINIT : Débit

EXCES : DINIT - DSAT

EXCRET : écrétement sur les avals des saturés.

DNOUV : DINIT - ECRET

# ANNEXE 26 EDITION OBTENUE AVEC LA COMMANDE TRACE

TRONCONS CLASSES PAR NUMEROS DE TRONCON

| TR | N.AM | N.AV | TR | N.AM | N.AV | TR | N.AM | N.AV | TR | N.AM | N.AV | TR | N.AM | N.AV |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | 1 | 4 | 32 | 3 | 2 | 53 | 5 | 3 | 105 | 0 | 5 | 205 | 5 | 0 |
| 21 | 2 | 1 | 42 | 4 | 2 | 101 | 0 | 1 | 201 | 1 | 0 | **** | -1***** | |
| 24 | 2 | 4 | 45 | 4 | 5 | 103 | 0 | 3 | 203 | 3 | 0 | 0 | -1***** | |
| 25 | 2 | 5 | 52 | 5 | 2 | 104 | 0 | 4 | 204 | 4 | 0 | 0 | -1***** | |

TRONCONS CLASSES PAR NUMEROS DE ND AMONT

| TR | N.AM | N.AV | TR | N.AM | N.AV | TR | N.AM | N.AV | TR | N.AM | N.AV | TR | N.AM | N.AV |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 101 | 0 | 1 | 14 | 1 | 4 | 25 | 2 | 5 | 45 | 4 | 5 | 205 | 5 | 0 |
| 103 | 0 | 3 | 201 | 1 | 0 | 32 | 3 | 2 | 204 | 4 | 0 | **** | -1***** | |
| 104 | 0 | 4 | 21 | 2 | 1 | 203 | 3 | 0 | 52 | 5 | 2 | 0 | -1***** | |
| 105 | 0 | 5 | 24 | 2 | 4 | 42 | 4 | 2 | 53 | 5 | 3 | 0 | -1***** | |

TRONCONS CLASSES PAR NUMEROS DE ND AVAL

| TR | N.AM | N.AV | TR | N.AM | N.AV | TR | N.AM | N.AV | TR | N.AM | N.AV | TR | N.AM | N.AV |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 201 | 1 | 0 | 21 | 2 | 1 | 52 | 5 | 2 | 24 | 2 | 4 | 105 | 0 | 5 |
| 203 | 3 | 0 | 101 | 0 | 1 | 53 | 5 | 3 | 104 | 0 | 4 | **** | -1***** | |
| 204 | 4 | 0 | 32 | 3 | 2 | 103 | 0 | 3 | 25 | 2 | 5 | 0 | -1***** | |
| 205 | 5 | 0 | 42 | 4 | 2 | 14 | 1 | 4 | 45 | 4 | 5 | 0 | -1***** | |

TABLEAU DES MOUVEMENTS.

| ADRESSES | | TR. | N.AM | N.AV | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 3 | 21 | 2 | 1 | N.AVA | 4 | 0 | |
| 4 | 4 | 101 | 0 | 1 | N.AVA | 4 | | |
| 5 | 7 | 32 | 3 | 2 | N.AVA | 1 | 4 | 5 |
| 8 | 8 | 42 | 4 | 2 | N.AVA | 5 | | |
| 9 | 10 | 52 | 5 | 2 | N.AVA | 1 | 4 | |
| 11 | 11 | 103 | 0 | 3 | N.AVA | 2 | | |
| 12 | 13 | 53 | 5 | 3 | N.AVA | 2 | 0 | |
| 14 | 16 | 14 | 1 | 4 | N.AVA | 2 | 5 | 0 |
| 17 | 18 | 24 | 2 | 4 | N.AVA | 5 | 0 | |
| 19 | 20 | 104 | 0 | 4 | N.AVA | 2 | 5 | |
| 21 | 21 | 25 | 2 | 5 | N.AVA | 0 | | |
| 22 | 24 | 45 | 4 | 5 | N.AVA | 2 | 3 | 0 |
| 25 | 26 | 105 | 0 | 5 | N.AVA | 2 | 3 | |
| 27 | 27 | 201 | 1 | 0 | C.PUI | 1 | | |
| 28 | 28 | 203 | 3 | 0 | C.PUI | 3 | | |
| 29 | 29 | 204 | 4 | 0 | C.PUI | 4 | | |
| 30 | 30 | 205 | 5 | 0 | C.PUI | 5 | | |

| ADRESSES | | CENT. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 31 | 1 | | T.SOU | 0- | 1 |
| 32 | 32 | 3 | | T.SOU | 0- | 3 |
| 33 | 33 | 4 | | T.SOU | 0- | 4 |
| 34 | 34 | 5 | | T.SOU | 0- | 5 |

ANNEXE 27. EDITIONS AVEC LA CARTE DE CODE '9'. PARAMETRES 45, 46, 47.

**Paramètre "45"**

| CHAINON | ....VERT.... | |
|---|---|---|
| | DEBUT | DUREE |
| 45 | 10 | 80 |
| 25 | 10 | 20 |
| 105 | 10 | 80 |
| 205 | 0 | 17 |

**Paramètre "46"**

| CHAINON | AMPLI | FRQ---------- | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 298 | 4332 | 22391 | 36368 | 18101 | 18086 | 18071 | 18056 | 18041 | 18026 | 18011 | 17996 | | | | | | | |
| 241 | 1656 | 92445 | 83468 | 83741 | 83834 | 83927 | 84020 | 84113 | 84206 | 84299 | 84392 | | | | | | | |
| ARBRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 150 | 116 | 314 | 19 | 104 | 25 | 32 | 37 | 43 | 49 | 48 | 61 | 47 | 247 | 69 | 38 | 63 | 8 | 254 |
| 260 | 109 | 108 | 97 | 98 | 171 | 79 | 266 | 197 | 388 | 131 | 274 | 135 | 139 | 133 | 271 | 342 | 205 | 284 | 343 |
| 214 | 107 | 96 | 106 | 174 | 245 | 186 | 199 | 193 | 167 | 195 | 192 | 143 | 208 | 305 | 206 | 211 | 216 | 252 | 222 |
| 226 | 234 | 238 | 29 | 103 | 36 | 42 | 74 | 85 | 263 | 127 | 312 | 285 | 152 | 154 | 308 | 75 | 257 | 93 | 255 |
| 295 | 221 | 395 | 310 | 5 | 125 | 126 | 382 | 100 | 105 | 39 | 246 | 182 | 21 | 170 | 121 | 385 | 59 | | |

**Paramètre "47"**

| SOUS RESEAUX | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NOEUD | CHAINONS..... | | | | | | | | | | | | NOEUDS..... | | | | | | | | | | |
| 2 3 6 | 32 | 42 | 52 | 21 | 24 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 | 5 | 1 | 4 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 2 4 | 14 | 24 | 45 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 2 4 | 25 | 45 | 52 | 53 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

# ANNEXE 28. HISTOGRAMME OBTENUS AVEC CARTE '9', PARAMETRE 48.

Paramètre 48 = 4

M= 25

| ENTR | ARR | DEGA | SORT | QUEU |
|---|---|---|---|---|
| 792 | 20971048610486 | | | 8387 |
| 792 | 20971048610484 | | | 0 |
| 792 | 2097 | 0 | 0 | 2097 |
| 792 | 2097 | 0 | 0 | 4194 |
| 791 | 2097 | 0 | 0 | 6291 |
| 797 | 2097 | 0 | 0 | 8388 |
| 797 | 2097 | 0 | 010485 | |
| 797 | 2097 | 0 | 012582 | |
| 797 | 2097 | 0 | 014679 | |
| 797 | 2097 | 0 | 016776 | |

M= 45

| ENTR | ARR | DEGA | SORT | QUEU |
|---|---|---|---|---|
| 792 | 5799 | 7249 | 724910148 | |
| 792 | 5799 | 7249 | 7249 | 8698 |
| 792 | 5799 | 7249 | 7249 | 7248 |
| 792 | 5799 | 7249 | 7249 | 5798 |
| 791 | 5799 | 7249 | 7249 | 4348 |
| 797 | 5799 | 7249 | 7249 | 2898 |
| 797 | 5799 | 7249 | 7249 | 1448 |
| 797 | 5799 | 7249 | 7247 | 0 |
| 797 | 5799 | 0 | 0 | 5799 |
| 797 | 5799 | 0 | 011598 | |

M= 105

| ENTR | ARR | DEGA | SORT | QUEU |
|---|---|---|---|---|
| 792 | 7405 | 9256 | 925612959 | |
| 792 | 7405 | 9256 | 925611108 | |
| 792 | 7405 | 9256 | 9256 | 9257 |
| 792 | 7405 | 9256 | 9256 | 7406 |
| 791 | 7405 | 9256 | 9256 | 5555 |
| 797 | 7405 | 9256 | 9256 | 3704 |
| 797 | 7405 | 9256 | 9256 | 1853 |
| 797 | 7405 | 9256 | 9256 | 2 |
| 797 | 7405 | 0 | 0 | 7405 |
| 797 | 7405 | 0 | 014810 | |

histogramme à la dernière itération

Paramètre 48 = 1

M= 25

| ENTR | ARR | DEGA | SORT | QUEU |
|---|---|---|---|---|
| ***** | 138810486104 | 86 | | 2006 |
| ***** | 1388104863394 | | | 0 |
| ***** | 1388 | 0 | 0 | 1388 |
| ***** | 1388 | 0 | 0 | 2776 |
| ***** | 1388 | 0 | 0 | 4164 |
| ***** | 1388 | 0 | 0 | 5552 |
| ***** | 1388 | 0 | 0 | 6940 |
| ***** | 1388 | 0 | 0 | 8328 |
| ***** | 1388 | 0 | 0 | 9716 |
| ***** | 1388 | 0 | 011104 | |

M= 45

| ENTR | ARR | DEGA | SORT | QUEU |
|---|---|---|---|---|
| ***** | 3611 | 7249 | 7249 | 3584 |
| ***** | 3611 | 7249 | 7195 | 0 |
| ***** | 3611 | 7249 | 3611 | 0 |
| ***** | 3611 | 7249 | 3611 | 0 |
| ***** | 3611 | 7249 | 3611 | 0 |
| ***** | 3611 | 7249 | 3611 | 0 |
| ***** | 3611 | 7249 | 3611 | 0 |
| ***** | 3611 | 7249 | 3611 | 0 |
| ***** | 3611 | 0 | 0 | 3611 |
| ***** | 3611 | 0 | 0 | 7222 |

arrivée uniforme
(pas d'entrée calculée)

ANNEXE 29. CARTE '9', PARAMETRE 48 = 2

Liste de toutes sorties possibles (et queues aussi) pour tous les décalages.

M= 32

| ENTR | ARR | DEGA | SORT | QUEU |
|---|---|---|---|---|
| 8328 | 1768 | 5533 | 5533 | 7554 |
| 3077 | 3398 | 5533 | 5533 | 5419 |
| 2819 | 2684 | 5533 | 5533 | 2570 |
| 2819 | 2957 | 5533 | 5533 | 0 |
| 2819 | 3114 | 0 | 0 | 3114 |
| 0 | 3236 | 0 | 0 | 6350 |
| 0 | 3331 | 0 | 0 | 9681 |
| 0 | 2785 | 0 | 0 | 12466 |
| 0 | 2359 | 0 | 0 | 14825 |
| 8328 | 2027 | 5533 | 553311319 | |

M= 32

| ENTR | ARR | DEGA | SORT | QUEU |
|---|---|---|---|---|
| 8328 | 1768 | 5533 | 5533 | 0 |
| 3077 | 3398 | 0 | 5533 | 3398 |
| 2819 | 2684 | 0 | 5533 | 6082 |
| 2819 | 2957 | 0 | 5533 | 9039 |
| 2819 | 3114 | 0 | 0 | 12153 |
| 0 | 3236 | 0 | 0 | 15389 |
| 0 | 3331 | 5533 | 0 | 13187 |
| 0 | 2785 | 5533 | 0 | 10439 |
| 0 | 2359 | 5533 | 0 | 7265 |
| 8328 | 2027 | 5533 | 5533 | 3759 |

M= 32

| ENTR | ARR | DEGA | SORT | QUEU |
|---|---|---|---|---|
| 8328 | 1768 | 0 | 5533 | 6154 |
| 3077 | 3398 | 0 | 5533 | 9552 |
| 2819 | 2684 | 0 | 553312236 | |
| 2819 | 2957 | 5533 | 5533 | 9660 |
| 2819 | 3114 | 5533 | 0 | 7241 |
| 0 | 3236 | 5533 | 0 | 4944 |
| 0 | 3331 | 5533 | 0 | 2742 |
| 0 | 2785 | 5533 | 0 | 0 |
| 0 | 2359 | 0 | 0 | 2359 |
| 8328 | 2027 | 0 | 5533 | 4386 |

M= 32

| ENTR | ARR | DEGA | SORT | QUEU |
|---|---|---|---|---|
| 8328 | 1768 | 5533 | 5533 | 4978 |
| 3077 | 3398 | 5533 | 5533 | 2843 |
| 2819 | 2684 | 5533 | 5533 | 0 |
| 2819 | 2957 | 0 | 5533 | 2957 |
| 2819 | 3114 | 0 | 0 | 6071 |
| 0 | 3236 | 0 | 0 | 9307 |
| 0 | 3331 | 0 | 0 | 12638 |
| 0 | 2785 | 0 | 0 | 15423 |
| 0 | 2359 | 5533 | 0 | 12249 |
| 8328 | 2027 | 5533 | 5533 | 8743 |

M= 32

| ENTR | ARR | DEGA | SORT | QUEU |
|---|---|---|---|---|
| 8328 | 1768 | 0 | 5533 | 1768 |
| 3077 | 3398 | 0 | 5533 | 5166 |
| 2819 | 2684 | 0 | 5533 | 7850 |
| 2819 | 2957 | 0 | 553310807 | |
| 2819 | 3114 | 0 | 0 | 13921 |
| 0 | 3236 | 5533 | 0 | 11624 |
| 0 | 3331 | 5533 | 0 | 9422 |
| 0 | 2785 | 5533 | 0 | 6674 |
| 0 | 2359 | 5533 | 0 | 3500 |
| 8328 | 2027 | 5533 | 5533 | 0 |

M= 32

| ENTR | ARR | DEGA | SORT | QUEU |
|---|---|---|---|---|
| 8328 | 1768 | 0 | 5533 | 8939 |
| 3077 | 3398 | 0 | 553312337 | |
| 2819 | 2684 | 5533 | 5533 | 9488 |
| 2819 | 2957 | 5533 | 5533 | 6912 |
| 2819 | 3114 | 5533 | 0 | 4493 |
| 0 | 3236 | 5533 | 0 | 2196 |
| 0 | 3331 | 5533 | 0 | 0 |
| 0 | 2785 | 0 | 0 | 2785 |
| 0 | 2359 | 0 | 0 | 5144 |
| 8328 | 2027 | 0 | 5533 | 7171 |

M= 32

| ENTR | ARR | DEGA | SORT | QUEU |
|---|---|---|---|---|
| 8328 | 1768 | 5533 | 5533 | 2129 |
| 3077 | 3398 | 5533 | 5533 | 0 |
| 2819 | 2684 | 0 | 5533 | 2684 |
| 2819 | 2957 | 0 | 5533 | 5641 |
| 2819 | 3114 | 0 | 0 | 8755 |
| 0 | 3236 | 0 | 0 | 11991 |
| 0 | 3331 | 0 | 0 | 15322 |
| 0 | 2785 | 5533 | 0 | 12574 |
| 0 | 2359 | 5533 | 0 | 9400 |
| 8328 | 2027 | 5533 | 5533 | 5894 |

M= 32

| ENTR | ARR | DEGA | SORT | QUEU |
|---|---|---|---|---|
| 8328 | 1768 | 0 | 5533 | 3795 |
| 3077 | 3398 | 0 | 5533 | 7193 |
| 2819 | 2684 | 0 | 5533 | 9877 |
| 2819 | 2957 | 0 | 553312834 | |
| 2819 | 3114 | 5533 | 0 | 10415 |
| 0 | 3236 | 5533 | 0 | 8118 |
| 0 | 3331 | 5533 | 0 | 5916 |
| 0 | 2785 | 5533 | 0 | 3168 |
| 0 | 2359 | 5533 | 0 | 0 |
| 8328 | 2027 | 0 | 5533 | 2027 |

M= 32

| ENTR | ARR | DEGA | SORT | QUEU |
|---|---|---|---|---|
| 8328 | 1768 | 0 | 553312270 | |
| 3077 | 3398 | 5533 | 553310135 | |
| 2819 | 2684 | 5533 | 5533 | 7286 |
| 2819 | 2957 | 5533 | 5533 | 4710 |
| 2819 | 3114 | 5533 | 0 | 2291 |
| 0 | 3236 | 5533 | 0 | 0 |
| 0 | 3331 | 0 | 0 | 3331 |
| 0 | 2785 | 0 | 0 | 6116 |
| 0 | 2359 | 0 | 0 | 8475 |
| 8328 | 2027 | 0 | 553310502 | |

M= 32

| ENTR | ARR | DEGA | SORT | QUEU |
|---|---|---|---|---|
| 8328 | 1768 | 5533 | 5533 | 9973 |
| 3077 | 3398 | 5533 | 5533 | 7838 |
| 2819 | 2684 | 5533 | 5533 | 4989 |
| 2819 | 2957 | 5533 | 5533 | 2413 |
| 2819 | 3114 | 5533 | 0 | 0 |
| 0 | 3236 | 0 | 0 | 3236 |
| 0 | 3331 | 0 | 0 | 6567 |
| 0 | 2785 | 0 | 0 | 9352 |
| 0 | 2359 | 0 | 0 | 11711 |
| 8328 | 2027 | 0 | 553313738 | |